

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Imprimerie Charles Schuchardt.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TROISIÈME PÉRIODE

TOME NEUVIÈME

GENÈVE
BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1883

SUR UN RÉFRACTOMÈTRE

DESTINÉ A LA MESURE DES INDICES DE RÉFRACTION ET DE LA DISPERSION DES CORPS SOLIDES

PAR

M. Charles SORET [1]

I

Lorsqu'on veut appliquer le spectromètre à la mesure des indices de réfraction des minéraux et surtout des cristaux artificiels, on se trouve souvent en présence de difficultés bien connues de tous ceux qui se sont occupés de ce genre de recherches : difficulté de trouver des cristaux présentant sous des dimensions suffisantes l'homogénéité et la transparence nécessaires; difficulté de les tailler en leur donnant des faces convenablement orientées, aussi planes et polies que l'exige absolument la méthode d'observation; et souvent difficulté de les conserver sans altération pendant le temps nécessaire aux mesures. Ces difficultés, lorsqu'elles ne rendent pas la détermination des indices tout à fait impossible, font du moins que l'on ne peut presque jamais compter sur la précision que la méthode comporte.

[1] Un extrait de ce travail a paru dans les *Comptes Rendus de l'Académie*. Sept. 1882.

Dans ces conditions, il y a souvent avantage à employer le réfractomètre de M. Kohlrausch[1] qui permet de déterminer l'indice de réfraction d'après l'angle limite sous lequel un rayon de lumière homogène se réfléchit totalement à la surface du cristal immergé dans un liquide plus réfringent et d'indice connu. Il suffit alors d'avoir une surface plane très mince, sans trop grave défaut de cristallisation, la structure intérieure de la substance ne jouant plus aucun rôle dans le phénomène; on n'a qu'une face à tailler au lieu de deux, et on obtient facilement des résultats exacts à 2 ou 3 unités près de la 4me décimale, avec un degré de poli qui ne permettrait aucune mesure passable par la méthode de la déviation minimum. Enfin, le cristal étant plongé dans le liquide, se maintient sans altération aussi longtemps qu'on le désire, ce qui rend possible de multiplier les mesures sans nouvelles pertes de temps. Malheureusement, l'appareil de M. Kohlrausch ne peut être employé qu'avec une lumière monochromatique, et se trouve par suite impropre aux recherches sur la dispersion. Je me suis proposé de le modifier, de manière à faire disparaître cette restriction.

La chose est facile : il suffit, pour obtenir le résultat cherché, de faire tomber sur une face plane du cristal plongé dans un liquide d'indice supérieur et connu (en général du sulfure de carbone ou de la naphtaline monobromée), un faisceau de rayons solaires parallèles; puis, de le recevoir, après sa réflexion, sur la fente d'un spectroscope, réglé pour donner un spectre très pur. Si l'angle d'incidence est suffisamment grand, tous les rayons du spectre visible sont réfléchis totalement, et le spectre est

[1] *Wiedemann Ann.* IV, 1878, p. 1.

très brillant. Si l'on diminue progressivement l'incidence, les différentes radiations atteignent successivement leur angle limite, et n'éprouvant plus que la réflexion ordinaire, parviennent au spectroscope avec une intensité notablement amoindrie. On voit donc dans le spectre comme un rideau sombre s'avançant du rouge au violet, si, comme c'est habituellement le cas, les indices varient plus rapidement avec la longueur d'onde pour le liquide que pour la substance immergée. La différence des teintes et la netteté de la ligne de séparation des deux parties du spectre sont d'autant plus grandes que les rayons incidents sont plus voisins du parallélisme, et que la face sur laquelle la réflexion s'opère est plus plane et mieux polie [1].

Lorsque cette ligne coïncide avec la raie D, par exemple, c'est que l'on est à l'incidence limite pour la raie D. Il suffit donc de mesurer cette incidence φ pour en déduire immédiatement l'indice n_D de la substance par la relation

$$n_D = \mu_D \sin \varphi$$

μ_D étant l'indice du liquide.

L'incidence limite s'obtient d'ailleurs aisément comme dans l'appareil de M. Kohlrausch. Soit SO (fig. 2, pl. I) le rayon incident, ON la normale à la face réfléchissante au moment du pointé, SON est l'angle limite. Faisons un second pointé de l'autre côté de l'appareil : le spectroscope qui était en R viendra en R′, la normale à la face prendra la position symétrique ON′, et l'angle NON′ dont le cristal

[1] M. Kohlrausch, dans le mémoire cité plus haut, indique en passant la possibilité d'adapter un spectroscope à son instrument en vue de l'étude de la dispersion, mais, autant que je puis le savoir, il ne paraît pas avoir poussé la chose plus loin.

aura tourné entre ces deux positions, compté du côté du rayon incident, sera évidemment égal au double de l'angle limite cherché.

Cette méthode est théoriquement des plus simples; cependant ce n'est qu'en employant un dispositif relativement assez compliqué, que je suis parvenu à avoir suffisamment de lumière dans le spectroscope, sans donner prise à de graves causes d'erreurs.

II

Un vase cylindrique en verre A (fig. 1, pl. I), destiné à contenir le liquide réfringent, repose sur un plateau horizontal, fixé sur un support solide en fonte. Le vase présente à mi-hauteur une ouverture *a*, fermée par une glace plane, et destinée à l'entrée des rayons. — Deux bras en laiton, mobiles autour du pied de l'appareil, portent, l'un le collimateur B, qui fournit un faisceau de rayons parallèles, et que l'on fixe par la vis *b* en face de la glace plane, et l'autre un spectroscope à vision directe C, équilibré par un contrepoids *c*; le spectroscope peut ainsi tourner d'un mouvement très doux dans un plan horizontal et prendre toutes les positions par rapport au collimateur.

Sur le vase, et lui servant de couvercle, vient se fixer par trois vis un cercle divisé horizontal D, traversé en son centre par deux axes concentriques; l'axe extérieur E, en laiton, est très court et porte le vernier *e*, l'axe intérieur F en acier, est plus long, et c'est à son extrémité inférieure que se fixe, dans une bonnette articulée, la substance que

l'on désire étudier. Une vis de pression *f* permet d'ailleurs de lier à volonté les deux axes l'un à l'autre. Les rayons parallèles fournis par le collimateur pénètrent dans le liquide à travers la glace plane, se réfléchissent, en restant parallèles, sur la face du cristal, et vont sortir par la partie postérieure du vase qui, fonctionnant comme une lentille cylindrique, les concentre sur la fente du spectroscope, amené dans une position convenable.

Il importe alors de pouvoir lier le spectroscope aux axes qui portent le cristal par un mécanisme permettant de faire varier l'incidence sans que les rayons réfléchis cessent de tomber sur la fente. Il faut donc que lorsque la liaison est établie, l'axe du vernier reçoive un déplacement angulaire moitié de celui du spectroscope; il faut de plus que l'on puisse à volonté et immédiatement rompre ou rétablir cette liaison, quelles que soient les positions relatives des différentes pièces à droite ou à gauche du vase. Pour remplir ces diverses conditions, on a adopté la disposition suivante [1].

L'axe E (voir le détail fig. 3, pl. II) porte une traverse horizontale *g*, aux extrémités de laquelle sont deux galets verticaux *h* qui roulent sur le cercle divisé; sur ces galets repose un disque annulaire horizontal G, maintenu par le contrefort H, pouvant tourner dans son plan, et pressé de haut en bas par trois petits galets *k* montés sur des ressorts.

[1] Mon appareil a été construit dans les ateliers de la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique. La disposition dont je donne ci-après la description a été combinée sur mes indications par M. T. Turrettini, directeur de cet établissement, et par le contre-maître, M. Ebersberger, et c'est grâce à eux qu'elle est devenue aussi pratique et satisfaisante. Je tiens à les remercier ici de la parfaite obligeance qu'ils m'ont témoignée.

Il est clair que lorsque ce disque tourne, il force les galets h à rouler sur le cercle divisé fixe, et transmet par conséquent à l'axe E auquel ces galets sont liés par leurs centres, un mouvement angulaire qui est la moitié du sien. Le bord du disque est pris dans une pince à vis K, fixée en L au bras qui porte le spectroscope. En serrant ou en desserrant cette pince, on pourra lier immédiatement dans toutes les positions le disque au spectroscope, ou au contraire les rendre indépendants l'un de l'autre.

Les indices du liquide étant toujours un peu variables et incertains, je les élimine des calculs en faisant toujours les déterminations en double, d'abord sur la substance à étudier puis sur un prisme de verre dont la dispersion a été exactement déterminée une fois pour toutes par la méthode ordinaire de la déviation minimum. A cet effet, l'axe F, au lieu d'une seule bonnette à sa partie inférieure, en porte deux, placées l'une au-dessus de l'autre, et peut non seulement tourner au besoin dans l'axe E, mais encore monter et descendre en glissant verticalement. La substance à étudier est fixée dans la bonnette inférieure, le prisme dans la bonnette supérieure, et le mouvement vertical de l'axe permet d'amener à volonté l'une ou l'autre des deux surfaces dans le faisceau des rayons incidents. Si n est l'indice cherché et φ l'angle limite pour le cristal, N et Φ les quantités analogues pour le prisme de comparaison, on a

$$n = \frac{N \sin \varphi}{\sin \Phi}$$

En donnant une orientation déterminée aux faces réfléchissantes, on peut appliquer mon appareil aussi bien que celui de M. Kohlrausch à l'étude des corps biréfrin-

gents. On voit alors les deux rideaux qui correspondent aux deux rayons réfractés, se superposer dans le spectre, et l'on peut amener successivement les deux limites à coïncider avec une raie donnée. Il peut y avoir avantage dans ce cas à introduire sur le trajet des rayons un polariseur, permettant de faire disparaître à volonté l'un ou l'autre des rideaux.

III

Il faut, pour un bon fonctionnement du réfractomètre que l'axe F qui porte le cristal soit exactement dans le prolongement de l'axe autour duquel tourne le spectroscope. Cette condition est réalisée très suffisamment par la construction de l'appareil. Le plateau A a en effet été taillé au tour, de façon que sa face supérieure soit très sensiblement plane et normale à l'axe de rotation du spectroscope; son centre a été marqué par une petite pointe conique. Les garnitures de laiton, mastiquées d'abord aux deux extrémités du vase de verre, ont été tournées ensemble de façon à présenter en haut et en bas des surfaces planes et parallèles; l'inférieure, percée en son centre d'un petit trou conique, vient s'appliquer exactement sur le plateau, s'y trouve parfaitement centrée par la pointe dont j'ai parlé tout à l'heure, et est maintenue immobile par les presses *l*. L'autre surface, parallèle à la première, forme le bord supérieur du vase sur lequel vient s'appliquer le cercle divisé, maintenu centré par un rebord intérieur travaillé au tour en même temps que les axes E et F. Cette disposition permet d'enlever facilement

le cercle pour introduire le liquide et placer les cristaux dans les bonnettes, d'enlever non moins aisément le vase lui-même pour le vider et le nettoyer, et de remettre très rapidement ces pièces à leur place sans avoir à les régler de nouveau. La moindre excentricité du vase ou du cercle divisé se manifesterait d'ailleurs immédiatement par des frottements gênants entre le disque et la pince K.

L'axe général de l'appareil étant ainsi déterminé, il faut que les surfaces réfléchissantes lui soient exactement parallèles. Pour y parvenir, on enlève le cercle divisé et on le place verticalement sur le contrefort H qui lui sert alors de pied (fig. 3, pl. II). Le prisme de comparaison et le cristal sont fixés dans les bonnettes, soit par des vis de pression, soit simplement par des morceaux de liège convenablement ajustés, et grâce aux mouvements que les bonnettes peuvent prendre et qui sont suffisamment indiqués par la figure 3, on règle leur position au moyen d'une mire éloignée et d'un miroir en verre noir, absolument comme on le ferait avant de mesurer un angle sur un goniomètre de Wollaston à limbe vertical. La précision de ce mode de réglage est très suffisante, eu égard aux autres causes d'erreur. Il importe seulement de prendre une mire très éloignée, sans quoi le prisme et le cristal se trouveraient sensiblement et inégalement inclinés par rapport à l'axe et les observations seraient affectées d'une erreur systématique. De plus, il faut que les faces soient aussi exactement que possible dans le prolongement de l'axe; leur excentricité peut en effet donner lieu à des erreurs, si ces faces ne sont pas absolument planes, ou si les rayons incidents ne sont pas tout à fait parallèles. On doit chercher enfin, et pour les mêmes raisons, à placer chaque face dans une position symétri-

que à droite et à gauche de l'axe. Ainsi, une face réfléchissante qui aurait un contour circulaire, par exemple, devrait être placée de manière que l'un de ses diamètres fut autant que possible dans le prolongement de l'axe.

Les rayons envoyés par le collimateur doivent être très voisins du parallélisme. C'est là la condition absolument nécessaire pour que la limite du rideau sombre dans le spectre soit nettement tranchée; avec les rayons solaires directs, et sans employer de collimateur, on ne voit la limite que très vaguement : si la face réfléchissante est très bonne, on peut avec de l'habitude arriver à faire les mesures, mais l'incertitude du pointé les rend fort pénibles et fastidieuses.

Le parallélisme des rayons est difficile à obtenir, si ce n'est aux dépens de la quantité de lumière. Mon collimateur porte une lentille achromatique de 33 centim. environ de distance focale. En prenant comme source de lumière un petit trou placé au foyer de cette lentille et sur lequel on concentre les rayons solaires, on n'arrive que difficilement à avoir des rayons à la fois assez intenses pour donner un bon spectre et assez parallèles pour donner une bonne limite. Il y a avantage à remplacer le petit trou par une fente verticale que l'on peut rendre très étroite sans diminuer trop l'éclairement. Les rayons fournis par les différents points de cette fente forment des angles différents avec l'axe général de l'appareil, mais sont tous parallèles très exactement au plan vertical qui passe par cet axe et par l'axe optique du collimateur. La ligne de séparation est alors extrêmement nette et on peut suivre sa marche sans difficulté d'un bout à l'autre du spectre. Mon spectroscope ne me permet d'observer nettement que depuis la raie *a* jusqu'à G; en en employant un autre, on

pousserait certainement l'observation un peu plus loin, et la netteté du phénomène, dans les limites où j'ai pu l'étudier, me fait penser qu'on ne serait arrêté que par l'absorption du liquide réfringent.

En employant une fente au lieu d'un point lumineux au foyer du collimateur, on fait réfléchir sur le cristal non seulement des rayons perpendiculaires à l'axe de l'appareil, qui seuls donnent des mesures exactes, mais encore des rayons inclinés sur cet axe qui conduisent à une valeur en général plus petite de l'angle limite. Pour diminuer autant que possible cette cause d'erreur qui, bien que peu sensible sur chaque pointé pris isolément, peut néanmoins influer sur les moyennes, on peut opérer de la manière suivante. Le vase étant vidé de son liquide, on met dans une des bonnettes un petit miroir étamé bien plan, on le règle aussi soigneusement que possible par le procédé indiqué tout à l'heure, de manière qu'il soit bien parallèle à l'axe de rotation, et on remet le limbe à sa place. On remplace la fente du collimateur par un oculaire portant un réticule bien centré, éclairé latéralement par une lame à 45°, et on observe l'image du réticule par réflexion normale dans le petit miroir. On règle la position du collimateur, de manière que le réticule coïncide avec son image; l'axe optique est alors exactement normal à l'axe de rotation de l'appareil.

On voit en même temps l'image du réticule réfléchie sur la glace plane qui ferme le vase. Si cette glace plane est bien placée, elle doit être aussi normale aux rayons incidents. La différence en azimut se corrige aisément en desserrant les vis l et en faisant tourner le vase sur lui-même. Quant à l'inclinaison par rapport à l'axe de rotation, il suffit qu'elle ne dépasse pas quelques minutes, de

façon que dans le faisceau plus ou moins divergent qui sera envoyé par le collimateur, il y ait toujours un nombre suffisant de rayons qui, après leur réfraction à l'entrée du vase, tombent sur le cristal normalement à l'angle de rotation. Si cette condition n'était pas suffisamment remplie, il faudrait décoller la glace et la replacer mieux.

Le collimateur étant ainsi réglé, on remplacera l'oculaire par la fente à laquelle on ne laissera qu'une longueur de 3 millimètres environ au-dessus et au-dessous de son point milieu ; l'inclinaison des rayons sur la normale à l'axe de rotation, ne pourra guère ainsi dépasser $^1/_2$ degré, et l'erreur qui en résultera sera tout à fait négligeable. On concentrera enfin sur la fente, au moyen d'une lentille à foyer un peu long, les rayons envoyés par un héliostat.

L'influence que l'inclinaison des rayons exerce sur la mesure de l'angle limite est faible pour de petites inclinaisons; si les surfaces sont bien réglées, elle agit dans le même sens pour le cristal et pour le prisme de comparaison; le numérateur et le dénominateur de l'expression qui fournit l'indice cherché en seront affectés simultanément, et l'erreur qui en résultera sur l'indice lui-même sera d'autant plus faible que cet indice sera plus voisin de celui du prisme de comparaison.

IV

L'appareil étant ainsi disposé, le vase plein du liquide réfringent, le prisme de comparaison et le cristal fixés et

orientés dans leurs bonnettes, comme nous l'avons vu, on pourra procéder aux mesures.

Si l'appareil est bien réglé, et si les surfaces réfléchissantes sont suffisamment planes, le faisceau réfléchi qui tombe sur le spectroscope a en tous ses points la même composition ; on pourra donc, en laissant le cristal immobile, déplacer un peu le spectroscope et amener sa fente aux différents points de ce faisceau, sans que la limite du rideau dans le spectre change le moins du monde. Il n'en serait pas de même si la surface du cristal était courbe.

Ayant mis le spectroscope à gauche de l'appareil, par exemple, on introduit le prisme de comparaison dans le rayon incident, et on le fait tourner jusqu'à ce que les rayons réfléchis tombent sur la fente; on lie les deux axes concentriques E et F par la vis f; on serre la vis K qui lie le disque au spectroscope, et on déplace celui-ci dans un sens ou dans l'autre jusqu'à ce que l'on voie le rideau affleurer à une raie donnée, D par exemple. On lit la position du vernier ; on répète deux ou trois fois l'observation pour éliminer les erreurs de pointé et en opérant aussi rapidement que possible afin d'éviter l'échauffement du liquide ; puis on desserre la vis K, on amène le spectroscope à droite du vase, et on fait tourner le disque à la main jusqu'à ce que les rayons réfléchis viennent de nouveau tomber sur la fente. On serre de nouveau la pince, on fait le pointé, puis la lecture du vernier. La demi-différence des deux lectures donne l'angle limite Φ relatif au prisme de comparaison.

Ceci fait, il suffit de tirer l'axe F de bas en haut pour remplacer le prisme par le cristal, sur lequel on recommence les mêmes opérations, qui conduisent à la détermination de l'angle limite φ.

Comme une variation d'un degré dans la température en entraîne une de plusieurs unités de la 4me décimale dans la valeur de l'indice de réfraction du liquide[1], et que la température de celui-ci ne reste jamais absolument stationnaire pendant les mesures, il est nécessaire d'intercaler toujours une mesure sur le cristal à étudier entre deux mesures sur le prisme de comparaison, et de prendre pour Φ la moyenne de ces deux mesures. On élimine ainsi très suffisamment l'influence des variations de température, lorsque le temps est beau et que les variations s'effectuent d'une manière régulière. Mais, lorsque des nuages passent un peu fréquemment devant le soleil, cette cause d'erreur peut devenir assez gênante; on est forcé alors, pour la faire disparaître dans les moyennes, de répéter les mesures un plus grand nombre de fois.

Mais la plus grave et la plus difficile à éviter de toutes les causes d'erreur est celle qui résulte d'un défaut de planéité de la face du cristal. Dans ce cas, la position de la limite dans le spectre varie d'un point à l'autre du rayon réfléchi; on est entraîné à placer le spectroscope au point où cette limite paraît la plus nette. On obtient alors des résultats fort concordants d'une mesure à l'autre, mais qui peuvent néanmoins être inexacts si dans les deux positions, à droite et à gauche, les rayons qui donnent le maximum de netteté ne se réfléchissent pas au même point de la surface.

Avec les substances trop tendres pour permettre à la fois une bonne taille et un beau poli, on devra sacrifier le poli à la planéité de la face; le rideau dans le spectre sera moins net, mais beaucoup plus fixe; les pointés seront

[1] Voir à cet égard le mémoire cité de M. Kohlrausch.

individuellement un peu moins précis, mais ne seront plus affectés que d'une erreur accidentelle qui s'éliminera rapidement dans les moyennes. On fera bien également d'empêcher la réflexion sur les parties marginales de la surface, en y collant de petites bandes de papier noir mat, et de donner la plus grande attention au centrage du cristal dans le prolongement de l'axe de rotation.

V

Pour étudier mon appareil, j'y ai introduit à la place du cristal un prisme de flint assez bien taillé, dont j'avais auparavant déterminé les indices par la méthode de la déviation minimum.

Le prisme de comparaison était en flint passablement moins réfringent.

J'ai obtenu les valeurs suivantes :

Prisme en flint.

	INDICES	
Raies.	au goniomètre.	au réfractomètre.
D	1,623585	1,62331
b	1,631255	1,63132
F	1,635810	1,63595
G	1,646920	1,64672

Avec une face naturelle assez médiocre d'un cristal d'alun de potasse, j'ai obtenu par une seule mesure, $n_D = 1,45538$; avec un autre cristal, face naturelle également, $n_D = 1,45571$. Avec un appareil d'essai, ne permettant que des réglages très grossiers, j'ai trouvé

$n_D = 1,45576$ comme moyenne de huit déterminations faites sur trois cristaux différents. Cet indice serait, d'après M. Fock, 1,4557, d'après M. Kohlrausch 1,4561, d'après Grailich 1,4549.

Avec une lame de quartz taillée parallèlement à l'axe optique, et sans faire usage de polariseur, j'ai obtenu les valeurs suivantes des indices que je mets en regard de celles qui ont été données par M. Mascart.

QUARTZ

	RAYON ORDINAIRE			RAYON EXTRAORDINAIRE		
	RÉFRACTOMÈTRE		MASCART	RÉFRACTOMÈTRE		MASCART
Raie B	1.54091 1.54109 1.54103 1.54102	1.54101	1.54099	1.55004 1.54965 1.54995 1.54978 1.54990	1.54986	1.55002
Raie C	1.54202 1.54211 1.54193 1.54202	1.54202	1.54188	1.55108 1.55107 1.55080 1.55080	1.55094	1.55095
Raie D	1.54448 1.54427 1.54427 1.54437	1.54435	1.54423	1.55347 1.55346 1.55343 1.55328	1.55341	1.55338
Raie F	1.54997 1.54995 1.54984 1.54996	1.54993	1.54966	1.55935 1.55924 1.55905 1.55907	1.55918	1.55897
Raie G	1.55413 1.55475	1.55444	1.55492	1.56384		1.56372

Le prisme de comparaison qui m'a servi dans ces mesures a l'une de ses faces assez médiocrement taillée. Ses indices, n'ayant été déterminés au spectromètre que par une seule série d'observations, peuvent fort bien ne pas être tout à fait exacts. C'est peut-être à cette cause

que l'on doit attribuer la divergence un peu forte qui existe pour la raie F entre mes résultats et ceux de M. Mascart, divergence qui est sensiblement la même pour le rayon ordinaire et pour le rayon extraordinaire. Quant à la raie G, le pointé est assez difficile, soit parce qu'elle se trouve près de la limite du champ de mon spectroscope, soit parce qu'elle fait partie d'un groupe de raies assez complexe, au milieu duquel la limite du rideau sombre ne se montre pas très nettement. Rudberg avait d'ailleurs obtenu pour cette raie l'indice $\omega = 1.55425$ assez éloigné du chiffre de M. Mascart.

APPENDICE A

Influence d'un défaut de réglage ou de taille des cristaux sur la mesure de l'angle limite.

1° Prenons pour axe des Z l'axe de rotation du cristal, pour axe des X une parallèle à l'axe optique du collimateur, et prenons l'axe des Y perpendiculaire au plan ZX (fig. 4, pl. II); soit OS un rayon incident, OS′ sa projection sur le plan XY; ON la normale à la face réfléchissante au point où elle est rencontrée par le rayon, et ON′ sa projection; posons

$$NON' = \alpha; \quad XON' = \lambda;$$
$$SOS' = \delta; \quad XOS' = \mu;$$

dans le triangle sphérique SZN on aura

$$\cos SON = \cos\alpha \cos\delta \cos(\lambda - \mu) + \sin\alpha \sin\delta$$

Soit ψ la valeur de λ pour la normale en un point déterminé de la plaque, en son milieu, par exemple. On aura pour un autre point quelconque $\lambda = \psi + \varepsilon$.

Si le rayon est à la limite de réflexion totale, SON $= \varphi$ l'angle limite cherché, et ψ est l'angle apparent donné par la lecture du vernier; nous pouvons en effet toujours supposer le zéro de celui-ci dans le plan vertical qui contient la normale au point milieu du cristal. On aura donc la relation générale

$$\cos\varphi = \cos\alpha \cos\delta \cos(\psi + \varepsilon - \mu) + \sin\alpha \sin\delta \quad (1)$$

α et δ étant positifs au-dessus du plan XY: et les autres angles en avant du plan ZX.

2° *Cas où la face réfléchissante est plane.*

Dans ce cas $\varepsilon = o$ et α est constant pour tous les rayons incidents

$$\cos\varphi = \cos\alpha \cos\delta \cos(\psi - \mu) + \sin\alpha \sin\delta$$

Nous supposons que les rayons incidents ne soient pas parallèles.

Les rayons de même δ, dont les azimuts sont compris entre μ_1 et μ_2, donnent des angles apparents compris entre ψ_1 et ψ_2

$$\cos\varphi = \cos\alpha \cos\delta \cos(\psi_1 - \mu_1) + \sin\alpha \sin\delta$$
$$\cos\varphi = \cos\alpha \cos\delta \cos(\psi_2 - \mu_2) + \sin\alpha \sin\delta$$

d'où

$$\psi_1 - \mu_1 = \psi_2 - \mu_2$$

ou encore

$$\psi_1 - \psi_2 = \mu_1 - \mu_2 \qquad (2)$$

Si donc on reçoit tous les rayons dans le spectroscope, ils formeront le rideau en des points différents, la bande noire sera mal tranchée et ira en s'évanouissant graduellement sur un espace correspondant au chemin qu'elle parcourt par une rotation $\mu_1 - \mu_2$ du cristal. Si la fente du spectroscope est trop étroite pour recevoir à la fois tous les rayons, la bande sera mieux tranchée, mais sa position variera, dans les limites indiquées, avec la position du spectroscope pour une même position de la surface réfléchissante. Si la face est uniformément polie, la moyenne d'un nombre suffisant de pointés correspondra au milieu de l'espace de décroissance, c'est-à-dire à

$$\frac{\psi_1 + \psi_2}{2}$$

Or, puisque

$$\cos(\psi_1 - \mu_1) = \cos(\psi_2 - \mu_2)$$

on a

$$\cos(\psi_1 + \psi_2 - \mu_1 - \mu_2) = 2\cos^2(\psi_1 - \mu_1) - 1$$

$$= 2\frac{(\cos\varphi - \sin\alpha\sin\delta)^2}{\cos^2\alpha\cos^2\delta} - 1$$

d'où l'on tire

$$\frac{\psi_1 + \psi_2}{2} = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{1}{2}\arc\cos\left\{\frac{2(\cos\varphi - \sin\alpha\sin\delta)^2}{\cos^2\alpha\cos^2\delta} - 1\right\} \qquad (3)$$

On voit donc que si les rayons ne sont pas parallèles

en azimut, non seulement la bande noire sera mal tranchée, mais encore la moyenne de plusieurs pointés dépendra des azimuts μ_1 et μ_2 des rayons extrêmes de même δ qui rencontrent la surface.

Or μ_1 et μ_2 sont fonctions de δ, de α, de φ, de l'angle extrême que forment entre eux les rayons incidents, de la forme et des dimensions de la plaque, de sa position par rapport à l'axe de rotation.

a. Supposons que la face soit suffisamment grande pour recevoir tous les rayons dans ses deux positions à droite et à gauche; alors μ_1 et μ_2 sont les mêmes à droite et à gauche pour une même valeur de δ.

Pour le pointé de droite, on aura donc

$$-\frac{\psi_1+\psi_2}{2}=\frac{\mu_1+\mu_2}{2}-\frac{1}{2}\operatorname{arc}\cos\left\{\frac{2(\cos\varphi-\sin\alpha\sin\delta)^2}{(\cos\alpha\cos\delta)^2}-1\right\}$$

Et pour la différence des deux lectures

$$\psi_1+\psi_2=\operatorname{arc}\cos\left\{\frac{2(\cos\varphi-\sin\alpha\sin\delta)^2}{(\cos\alpha\cos\delta)^2}-1\right\}$$

d'où

$$\cos\frac{\psi_1+\psi_2}{2}=\frac{\cos\varphi-\sin\alpha\sin\delta}{\cos\alpha\cos\delta} \tag{4}$$

Ainsi, dans ce cas, qui d'ailleurs se présente rarement, la moyenne des diverses mesures tend vers la valeur de ψ que l'on obtiendrait si les rayons étaient parallèles en azimut, c'est-à-dire si l'on avait $\mu_1=\mu_2=o$.

Ce dernier cas étant très sensiblement réalisé dans l'appareil par l'emploi d'une fente étroite au collimateur, il y a quelque intérêt à discuter l'équation à laquelle nous venons d'être ramenés :

$$\cos\psi = \frac{\cos\varphi - \sin\alpha\sin\delta}{\cos\alpha\cos\delta}$$

La dérivée première par rapport à δ est

$$\frac{d\cos\psi}{d\delta} = \frac{\cos\varphi\sin\delta - \sin\alpha}{\cos\alpha\cos^2\delta}$$

qui s'annule pour $\sin\delta = \frac{\sin\alpha}{\cos\varphi}$

La dérivée seconde est

$$\frac{d^2\cos\psi}{d\delta^2} = \frac{\cos\varphi(1+\sin^2\delta) - 2\sin\alpha\sin\delta}{\cos\alpha\cos^3\delta}$$

positive, lorsque φ n'est pas très voisin de 90°, c'est-à-dire dans tous les cas où l'observation est pratiquement possible.

La courbe $\psi = f(\delta)$ a donc sa concavité tournée du côté où $\cos\psi$ est le plus grand, c'est-à-dire où ψ est le plus petit.

La valeur $\sin\delta = \frac{\sin\alpha}{\cos\varphi}$ qui donne le maximum pour une valeur donnée de α, reportée dans l'expression de $\cos\psi$, donne

$$\cos\psi = \frac{\sqrt{\cos^2\varphi - \sin^2\alpha}}{\cos\alpha}$$

d'où

$$\cos^2\varphi - \cos^2\psi = \sin^2\alpha\sin^2\psi$$

donc $\cos\psi$ est $<\cos\varphi$ en ce point: la valeur observée pour l'angle limite est plus grande que la valeur réelle;

la différence étant nulle pour $\alpha = o$ et croissant avec α. D'autre part, les rayons $\delta = o$ donneront toujours $\psi < \varphi$.

En d'autres termes, si l'on fait tomber sur la surface réfléchissante un faisceau de rayons divergents, parallèles à un même plan vertical, mais d'inclinaisons différentes, et si l'on suppose la fente du spectroscope assez longue pour recevoir simultanément tous ces rayons, la limite que l'on observera dans le spectre, au lieu d'être verticale et rectiligne comme cela aurait lieu avec des rayons parallèles, aura la forme d'une courbe convexe du côté du violet. Si l'inclinaison α de la surface réfléchissante est nulle, le maximum de cette courbe correspondra aux rayons horizontaux qui forment la partie centrale du spectre et sera tangente à la position théorique (fig. 5, pl. II). Si α n'est pas nul, le point où la courbe coupe la ligne médiane sera repoussé du côté du rouge, et en le faisant affleurer à une raie donnée, on obtiendra un angle limite trop petit (fig. 6, pl. II) ; le maximum de la courbe, au contraire, sera situé, suivant que α sera négatif ou positif, au-dessus ou au-dessous de la ligne médiane, à la hauteur qui correspond à l'inclinaison des rayons définie par $\sin\delta = \frac{\sin\alpha}{\cos\varphi}$, et ce maximum sera rejeté du côté du violet, donnant lieu à un angle limite apparent trop grand.

Si on emploie une fente au collimateur, chacun des points de cette fente donnera lieu à un faisceau de rayons parallèles, et chacun de ces faisceaux produira dans le spectre une bande rectiligne dont la position dépendra de son inclinaison et de celle de la lame réfléchissante. Si celle-ci est bien réglée, la bande que produit le faisceau émané du milieu de la fente aura seul la position théorique, toutes les autres seront rejetées du côté du rouge. La limite sera donc un peu vague, et la position réelle cor-

respondra au bord extrême du rideau. Si au contraire la lame est mal placée, les faisceaux provenant des divers points de la fente, formeront leurs bandes à droite et à gauche de la position théorique, il faudrait faire le pointé un petit peu plus dans le noir. — Dans les conditions où mon appareil est construit et réglé, ces effets sont négligeables et se confondent avec ceux qui résultent de ce que la fente du collimateur n'est pas infiniment étroite.

b. La face réfléchissante est tout entière contenue dans le rayon incident.

Le second terme du second membre de l'équation (3) se comporte alors exactement comme dans le cas que nous venons d'examiner; seulement, pour chaque valeur de δ, il faudra lui ajouter le terme $\frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ pour obtenir l'angle apparent. Ce terme est nul lorsque les rayons sont parallèles à un même plan vertical, condition qui est très sensiblement réalisée par l'emploi d'une fente au collimateur. Dans les autres cas, le calcul de $\frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ pourra être plus ou moins compliqué. Soit p la longueur de la perpendiculaire abaissée de l'origine sur la surface réfléchissante; prenons dans cette surface le pied de cette perpendiculaire comme origine auxiliaire, une droite horizontale comme axe des x et la projection de l'axe de rotation comme axe des y. Le contour de la surface sera défini par une relation $x = f(y)$. Supposons de plus que tous les rayons émanent d'un point situé à une distance l de l'origine sur l'axe optique du collimateur. On obtiendra sans peine pour un point x, y, du contour les relations

$$(p \sin\alpha + y \cos\alpha)\cos\mu = -\operatorname{tg}\delta\{l - (p\cos\alpha - y\sin\alpha)\cos\psi + x\sin\psi\}$$

$$(p\sin\alpha + y\cos\alpha)\sin\mu = +\operatorname{tg}\delta\{(p\cos\alpha - y\sin\alpha)\sin\psi + x\cos\psi\}$$

On y joindra la relation $x = f(y)$, et en éliminant x et y, on obtiendra une équation donnant les azimuts μ_1 et μ_2 des deux rayons extrêmes de même δ qui touchent les bords de la lame. Dans le cas particulier où la lame serait rectangulaire, par exemple, et aurait deux de ses arêtes horizontales, on poserait $x = x_1$ à gauche, $x = x_2$ à droite, et on arriverait à

$$(p \sin \psi_1 + x_1 \cos \alpha \cos \psi_1) \cos \mu_1 - (p \cos \psi_1 - x_1 \cos \alpha \sin \psi_1 - \\ - l \cos \alpha) \sin \mu_1 - (x_1 - l \sin \psi_1) \sin \alpha \operatorname{tg} \delta = o$$

et à une équation analogue pour μ_2.

En supposant μ_1, μ_2, α, $\frac{p}{l}$, $\frac{x_1}{l}$ et $\frac{x_2}{l}$ très petits, et en négligeant le second ordre, on aura

$$-\mu_1 = \frac{x_1}{l} \cos \psi_1 + \frac{p}{l} \sin \psi_1 + \alpha \sin \psi_1 \operatorname{tg} \delta$$

et de même

$$-\mu_2 = \frac{x_2}{l} \cos \psi_2 + \frac{p}{l} \sin \psi_2 + \alpha \sin \psi_2 \operatorname{tg} \delta$$

d'où

$$-(\mu_1+\mu_2) = \frac{x_1}{l} \cos \psi_1 + \frac{x_2}{l} \cos \psi_2 + \left(\frac{p}{l} + \alpha \operatorname{tg} \delta\right)(\sin \psi_1 + \sin \psi_2)$$

qu'on peut écrire au même ordre d'approximation

$$-(\mu_1 + \mu_2) = \frac{x_1 + x_2}{l} \cos \varphi + 2\left(\frac{p}{l} + \alpha \operatorname{tg} \delta\right) \sin \varphi$$

La valeur de $\mu_1 + \mu_2$ correspondant au second pointé de

l'autre côté de l'appareil s'obtient en changeant le signe de φ :

$$-(\mu'_1+\mu'_2)=\frac{x_1+x_2}{l}\cos\varphi-2\left(\frac{p}{l}+\alpha\operatorname{tg}\delta\right)\sin\varphi$$

L'équation (3) devient pour le premier pointé

$$\frac{\psi_1+\psi_2}{2}=\frac{\mu_1+\mu_2}{2}+\frac{1}{2}\operatorname{arc}\cos\ldots\ldots$$

et pour le second pointé

$$-\frac{\psi'_1+\psi'_2}{2}=\frac{\mu'_1+\mu'_2}{2}-\frac{1}{2}\operatorname{arc}\cos\ldots\ldots$$

d'où la différence des lectures moyennes

$$2\Psi=-2\left(\frac{p}{l}+\alpha\operatorname{tg}\delta\right)\sin\varphi+\operatorname{arc}\cos\left\{\frac{2(\cos\varphi-\sin\alpha\sin\delta)^2}{\cos^2\alpha\cos^2\delta}-1\right\}$$

On voit qu'en négligeant le second ordre, l'excentricité latérale x_1+x_2 de la surface n'influe pas sur la mesure définitive de l'angle, mais qu'il n'en est pas de même de l'excentricité normale p, et, à cause de δ, de la hauteur à laquelle les rayons qu'on reçoit dans le spectroscope rencontrent la lame.

3° *Cas où la surface est courbe.*

Nous devons alors dans l'équation (1) considérer α et ε comme des fonctions de ψ, δ et μ. Pour un même δ, on a des valeurs de ψ comprises entre ψ_1 et ψ_2.

$$\cos\varphi=\cos\alpha_1\cos\delta\cos(\psi_1+\varepsilon_1-\mu_1)+\sin\alpha_1\sin\delta$$
$$\cos\varphi=\cos\alpha_2\cos\delta\cos(\psi_2+\varepsilon_2-\mu_2)+\sin\alpha_2\sin\delta$$

La limite ne sera pas tranchée, mais aura une certaine largeur $\psi_1 - \psi_2$, si le spectroscope reçoit tous les rayons, ou changera de place dans le même intervalle avec la position du spectroscope, si la fente de celui-ci est étroite.

Toutes choses égales d'ailleurs, la moyenne des lectures serait représentée par

$$\frac{\psi_1 + \psi_2}{2}.$$

Supposons, en particulier, les rayons parallèles, et la surface cylindrique autour d'une parallèle à l'axe de rotation, c'est-à-dire $\alpha = o$, $\delta = o$, $\mu = o$, on tire des équations ci-dessus

$$\psi_1 - \psi_2 = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

et

$$\psi_1 + \psi_2 = 2\varphi - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$$

et pour la moyenne des lectures faites de l'autre côté

$$-(\psi_1 + \psi_2) = -2\varphi - (\varepsilon'_1 + \varepsilon'_2)$$

Le terme en ε ne disparaîtra dans la différence que si la face a une de ses génératrices dans le prolongement de l'axe de rotation et si sa forme et sa courbure sont symétriques par rapport à cette génératrice.

Mais, en réalité, on ne peut presque jamais admettre que la moyenne des lectures converge vers la valeur $\frac{\psi_1 + \psi_2}{2}$. Car en premier lieu, le faisceau réfléchi par une surface courbe quelconque, n'aura pas en tous ses points la même intensité, et ne donnera pas en tous ses points

une bande également nette. On sera entraîné à faire le pointé là où la bande sera la plus nette; cette position pourra parfaitement ne pas correspondre dans les lectures faites à droite et à gauche à des rayons réfléchis au même point de la surface.

En second lieu, un effet analogue sera produit par la réfraction du faisceau à travers la paroi du vase qui n'a jamais une épaisseur et une courbure parfaitement uniformes. Cette dernière influence n'agit évidemment pas lorsque les conditions théoriques de parallélisme des rayons et de planéité de la surface sont exactement remplies; car le faiscaau réfléchi ayant alors partout la même composition, on peut, sans changer la position de la limite, recevoir sur la fente du spectroscope un quelconque des rayons qui le forment.

Il serait oiseux de pousser plus loin l'analyse de ces effets complexes. Lorsque laissant le cristal immobile et déplaçant le spectroscope dans le faisceau réfléchi, on verra la bande noire plus ou moins déformée se déplacer dans le spectre, on sera averti que la surface réfléchissante n'est pas suffisamment plane; la grandeur du mouvement de la bande donnera en même temps la mesure de l'erreur maximum à laquelle on est exposé.

Appendice B.

Influence de l'inclinaison des rayons sur la mesure de l'indice.

L'emploi d'une fente étroite au collimateur permet de rendre négligeable les quantités μ_1 et μ_2 des calculs précédents. Alors, d'après ce que nous venons de voir, on

peut toujours s'assurer que la face sur laquelle on opère est suffisamment plane.

Avec un collimateur de 330 millim., une fente de $0^{mm},1$ de largeur entraîne une incertitude du pointé très voisine de $1'$ d'angle, qui se trouve donc à la limite de la précision donnée par le cercle divisé. Cette incertitude n'entraîne pas d'erreur systématique appréciable; elle se confond avec les petites erreurs que l'on commet en établissant la coïncidence du rideau avec les raies du spectre, et s'élimine comme elles dans les moyennes.

L'erreur résultant d'un défaut de réglage des faces est très faible. Il est bien difficile que ce défaut de réglage atteigne un demi-degré lorsqu'on opère avec les précautions convenables et avec une mire suffisamment éloignée. La seule quantité qui puisse varier d'une manière notable, c'est l'inclinaison des rayons. Un exemple numérique fera voir combien cette inclinaison a peu d'influence.

Supposons dans la formule

$$\cos\psi = \frac{\cos\varphi - \sin\alpha \sin\delta}{\cos\alpha \cos\delta}$$

que l'angle réel soit égal à $60°$, que l'inclinaison α de la normale à la surface réfléchissante soit $\pm 30'$. On aura pour l'angle apparent ψ les valeurs suivantes :

$\varphi = 60°$	$\alpha = -0°\,30'$	$\alpha = 0°\,0'$	$\alpha = 0°\,30'$
$\delta = 0°\,0'$	$\psi = 59°\,59'\,55''$	$\psi = 60°$	$\psi = 59°\,59'\,55''$
$\delta = 0°\,30'$	$59°\,59'\,33''$	$59°\,59'\,55''$	$60°\,0'\,9''$
$\delta = 1°\,0'$	$59°\,59'\,1''$	$59°\,59'\,42''$	$60°\,0'\,14''$
$\delta = 2°\,0'$	$59°\,57'\,30''$	$59°\,58'\,47''$	$59°\,59'\,55''$
$\delta = 3°\,0'$	$59°\,55'\,24''$	$59°\,57'\,16''$	$59°\,59'\,1''$

Si l'on ne se sert pas du prisme de comparaison, l'indice de la substance sera donné par la formule

$$n = \mu \sin \psi$$

Supposons que μ l'indice du liquide soit 1.600, et calculons n pour les différentes valeurs de ψ de la colonne $\alpha = 0°$.

$\delta = 0°$	$n = 1.385640$
0° 30′	1.385621
1°	1.385571
2°	1.385357
3°	1.385004

L'influence serait encore plus petite si φ était plus grand.

Si l'on emploie le prisme de comparaison, les valeurs de φ et Φ seront affectées d'une erreur qui sera négligeable dans les limites des variations que l'on peut raisonnablement supposer à α, ou bien qui sera de même signe pour toutes deux si δ devenait un peu grand. Les variations correspondantes de l'indice seront donc de l'ordre de celles que nous venons de trouver et seront même généralement plus petites.

En résumé, les erreurs qui peuvent provenir d'un petit défaut de réglage du collimateur et des surfaces réfléchissantes, sont inférieures aux limites de précision que l'on atteint par la méthode de la déviation minimum pour des prismes qui ne sont pas excessivement bien taillés; elles sont inférieures à celles qui résultent dans le réfractomètre même et pour des mesures isolées, des petites variations de température du liquide.

Genève, décembre 1882.

ÉTUDE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

D'UN

BATEAU RAPIDE

PAR

M. Raoul PICTET.

I

Si l'on compare entre eux tous les bateaux flottant actuellement, tant sur les fleuves et les lacs que sur les mers, on voit qu'à part les différences considérables qu'ils présentent quant à leur extérieur ils sont cependant tous basés sur l'unique principe d'Archimède qui s'applique rigoureusement à leurs lignes de flottaison, qu'ils soient en repos ou en marche.

La finesse plus ou moins grande de l'avant et de l'arrière de la carène permet aux bateaux d'avoir des vitesses différentes pour un même tonnage avec des efforts de traction identiques.

Les grandes vitesses s'obtiennent par les lignes les plus fines, soit à l'avant, soit à l'arrière, mais cette disposition, toute à l'avantage de la célérité, diminue considérablement en pratique le poids des marchandises et du fret que peut transporter le bateau.

Le problème que nous nous sommes proposé d'étudier est celui-ci :

Déterminer par l'analyse et vérifier expérimentalement quelle est la forme de carène qui permet de transporter le plus vite et le plus économiquement possible sur l'eau un poids donné de marchandises.

Ce problème comprend nécessairement la connaissance des lois de l'hydrodynamique ; or ces lois sont fort complexes, peu connues et peu étudiées expérimentalement. Nous sommes donc obligés dans ce travail de déterminer avec le plus de précision possible les *constantes* spéciales au problème de mécanique que nous abordons, et les fonctions analytiques qui lient entre eux ces différents facteurs.

Cette première partie de la solution générale a été seule abordée expérimentalement dans les expériences dont nous parlerons plus loin.

II

Si le principe d'Archimède doit seul déterminer les conditions de flottaison d'un bateau, l'expérience a démontré qu'en amenant le maître-couple à une section se rapprochant de plus en plus d'un cercle et en donnant aux surfaces de la carène dans les deux sens une forme semblable à un fuseau conique, on obtenait le maximum de vitesse pour une longueur donnée du bateau.

L'*effort de traction* qui produit les différentes vitesses croît très exactement comme *le carré des vitesses* du bateau et le *travail du moteur* comme *le cube de ces mêmes vitesses.*

Le *frottement* de l'eau contre la surface polie des flancs du bateau n'a pas encore été mesuré directement, mais diverses expériences faites pour supprimer les frotte-

ments dans des machines et dans le déplacement des trains de chemin de fer par l'action directe d'un courant d'eau introduit sous pression, entre les parties frottantes, permettent de considérer ces résistances passives comme très faibles.

Nous admettrons dans le calcul que toutes les forces appliquées à un corps flottant, de formes quelconques, sont uniquement utilisées à déplacer *certaines masses d'eau*, fonction de la *surface immergée*, et à leur donner une certaine *accélération*, fonction de la *vitesse* obtenue par l'intermédiaire de ces forces.

Le principe fondamental sur lequel repose la nouvelle forme de carène que nous voulons utiliser peut s'exprimer ainsi : Trouver une surface qui donne à des *masses d'eau considérables* une *accélération verticale* et à des masses d'eau *minimum* une *accélération horizontale*.

En effet, toutes les masses d'eau qui recevront de la carène une accélération verticale tendront à se déplacer de *haut en bas* et produiront une réaction verticale dirigée de *bas en haut*. Or cette réaction s'applique à la surface même qui engendre le mouvement, donc elle est en opposition directe avec la pesanteur.

La naissance de cette réaction aura pour effet immédiat *de déniveler le corps flottant*, de le soulager d'un poids exactement égal à la valeur de cet effort vertical, et la section principale, ou le maître-couple, diminuera proportionnellement à cette force.

Quant aux masses d'eau qui prennent une accélération horizontale, elles ne font que lutter directement contre l'effort de propulsion, il est donc évident qu'on doit les amener *au minimum*.

L'effort vertical a pour limite le *poids du bateau* dimi-

nué de la quantité d'eau déplacée par la carène pour que l'accélération verticale des masses d'eau produise un effort égal au poids maximum soulevé. Pour une vitesse infinie le bateau raserait l'eau sans pouvoir y pénétrer.

Afin de donner une forme analytique au problème, partons des conditions suivantes :

Appelons :

V vitesse normale d'une surface donnée.

Pour 1 mètre carré animé d'une vitesse normale V nous avons une résistance dans l'eau égale à R donnée par la formule :

$$R = k\,V^2$$

k est une constante.

Considérons maintenant un *bateau géométrique* qui serait un prisme droit ayant pour base la surface O A B C (pl. III, fig. 1) et pour largeur l perpendiculaire au plan de la figure 1.

L'avant du bateau est en O C, les flancs latéraux sont des plans verticaux parallèles entre eux séparés par un intervalle égal à l largeur du bateau.

Le fond O A est une courbe développable dont la propriété géométrique consiste à donner aux masses d'eau pendant le déplacement du bateau des accélérations verticales élémentaires proportionnelles à la projection horizontale des éléments de la courbe MM′ considérés pendant le mouvement. Pour trouver la courbe O A on demande *la forme de la courbe pour laquelle la pression exercée dans le sens vertical sur l'élément projeté en MM′ est proportionnelle à la projection horizontale de cet élément.*

Si nous appelons V la vitesse normale relative de l'eau il faut bien définir à quoi elle se rapporte; elle ne peut pas exprimer la vitesse des molécules d'eau touchant la paroi, car pour celles-là :

$$V = 0$$

Si la masse d'eau n'est pas définie, V est indéterminée et le problème n'a pas de solution précise.

Nous admettrons donc que la vitesse relative normale V est celle du centre de gravité G d'une colonne d'eau verticale de h mètres de hauteur, en supposant cette vitesse verticale et due uniquement à la pression égale et contraire exercée par MM′ et les autres éléments qui ont déjà passé au-dessus de la colonne fluide.

Choisissons les axes coordonnés de la manière suivante :

Prenons l'origine en O. (Pl. III, fig. 1).

L'axe des X horizontal

L'axe des Y vertical

Soit i l'inclinaison de l'élément de surface MM′ sur l'axe des X. L'angle i est aigu et positif.

δ la masse d'un mètre cube d'eau

$$\delta = \frac{1000}{9,8088}$$

Appelons $u\ v$ la *vitesse verticale* donnée à la masse d'eau dont le centre de gravité est en G, v étant la vitesse du bateau.

Les composantes des vitesses normales à MM′ sont

$$1^o \quad v \sin i$$

et

$$2^o \quad uv \cos i$$

d'où l'on tire l'équation 1 donnant V.

$$(1) \qquad V = v \sin i - uv \cos i$$

Si nous appelons :

$$\mu = \sin i - u \cos i$$

nous aurons :

$$V = v\mu.$$

Sur l'élément projeté en MM′ que nous pouvons appeler *ds* la pression hydrodynamique est P donnée par

$$P = kv^2\mu^2 lds \text{ kilogrammes.}$$

La composante verticale de P est :

$$P \cos i = kv^2\mu^2 lds \cos i = kv^2\mu^2 ldx.$$

La condition du problème d'après notre énoncé est que P cos i soit proportionnelle à ldx ou que :

μ *soit constant.*

Cette composante agit quelle que soit μ sur la masse d'eau :

$$\delta\, hldx$$

masse de la colonne ayant G pour centre de gravité. Elle donne à cette masse d'eau une accélération exprimée par

$$(2) \qquad \frac{kv^2\mu^2 ldx}{\delta hldx} = \alpha v^2.$$

Dans cette expression α a pour valeur :

$$\alpha = \frac{k\mu^2}{\delta h}.$$

On a donc :

$$\frac{duv}{dt} = \alpha v^2$$

ou

$$du\,v = \alpha v dt.$$

Mais u est une fonction de x de l'élément MM'.

Or dans dans le mouvement du bateau au bout d'un temps dt la valeur de x est remplacée par la nouvelle abscisse $x + dx$. Le rapport différentiel est donné par la relation :

$$dx = vdt.$$

On en conclut :

(3) $$du = \alpha\, dx.$$

En joignant à cette équation :

$$\alpha = \frac{k\mu^2}{\delta h}$$

où μ est une fonction de u (relation 1), on voit que *pour toute forme de OA, x est donnée par une équation différentielle du premier ordre où tout est connu*, et de plus on sait que pour

$$u = 0$$

on a

$$x = 0.$$

Ainsi pour toute forme de courbe u est entièrement déterminée.

Nous voulons que :

μ soit *constante.*

Prenons cette constante à volonté.

Il suffit que u satisfasse aux deux conditions ci-dessus et

α étant *constante*

il en résulte :

$$u = \alpha x.$$

Dans l'équation :

$$V = v\mu = v \sin i - uv \cos i$$

uv et V sont très petits par rapport à v vitesse du bateau.

On peut donc admettre que u et μ sont de petites fractions.

Pour la courbe OA on a :

$$\frac{dy}{dx} = \text{tang } i$$

Posons :

$$\frac{dy}{dx} = p.$$

L'équation (1) se transforme en :

$$p - u = \mu \sqrt{1 + p^2}$$

qui se remplace par les deux conditions :

$$(1 - \mu^2) p^2 - 2pu + (u^2 - \mu^2) = o$$

et

$$p > u.$$

Dans le premier membre

$$(1 - \mu^2) > o$$

et en substituant $p = u$ on trouve :

$$-\mu^2(1+u^2) < o$$

donc u *est comprise entre les racines.*

Pour que :

$$p > u$$

il faut prendre pour p la plus grande valeur.

Développons la valeur de p en fonction des puissances de μ et de u on a :

$$p = \frac{u+\mu\sqrt{1+u^2-\mu^2}}{1-\mu^2} = (1+\mu^2+\ldots)\left[u+\mu\left(1+\frac{u^2-\mu^2}{2}+\ldots\right)\right]$$

en négligeant dans ce développement les termes du 5me degré on arrive à :

$$(4) \qquad p = (u+\mu) + \frac{\mu}{2}(u+\mu)^2 = \frac{dy}{dx}$$

Pour $x = o$ on a :

$$\mu + \frac{1}{2}\mu^3 = \frac{dy}{dx} = \text{tang } i.$$

Ainsi la tangente au sommet O détermine μ.

Ensuite en substituant :

$$u = \alpha x$$

et intégrant de telle sorte que pour

$$y = o$$

on ait

$$x = o$$

on obtient la relation cherchée :

$$(5) \quad y = \mu x + \frac{1}{2}\alpha x^2 + \frac{\mu}{2}\left(\frac{1}{3}\alpha^2 x^2 + \alpha\mu x^2 + \mu^2 x\right)$$

En négligeant les termes très petits on réduit cette équation à la forme suivante :

$$(6) \quad y = \mu x + \frac{1}{2}\alpha x^2.$$

La courbe OA cherchée définie par l'équation précédente est *une parabole à axe vertical.*

On la tracera par les points O, A et leurs tangentes.

Celle de O est déjà connue.

Si pour A on a

$$x = a$$

on aura pour le même point :

$$\text{tang}\, i = \mu + a\alpha$$

et l'on connaîtra α si l'on a choisi h qui est resté une quantité arbitraire dans tout ce problème.

Nous donnerons à h une valeur approchée dans la construction du bateau fait sur cette théorie et les résultats de l'expérience montreront quelle est la véritable valeur conforme aux lois de l'hydrodynamique.

III

Dans le chapitre précédent l'analyse nous a conduit à déterminer la courbe de la carène d'un bateau de telle

sorte que l'accélération donnée aux masses d'eau sur lesquelles il passe soit constante pour chaque élément de surface.

La réaction de l'eau contre le bateau aura donc pour effet de le déniveler et de le faire sortir de l'eau d'une quantité égale à la somme de toutes les composantes élémentaires verticales.

Afin de pouvoir expérimentalement vérifier cette propriété de la courbe, nous avons donné à un bateau la forme schématique suivante :

Les flancs du bateau sont deux plans parallèles à l'axe du bateau et parfaitement verticaux.

Pendant le mouvement du bateau qui se fera toujours parallèlement à son axe, ces plans ne *donneront aucune accélération* aux masses d'eau avec lesquelles ils sont en contact.

Le raccordement des deux plans verticaux constitue la carène proprement dite ; cette surface est une parabole construite d'après la théorie précédente.

Le sommet de la parabole est à l'avant, l'ordonnée maximum est à l'arrière, *la concavité de la courbe est dirigée vers le fond de l'eau.*

L'arrière du bateau est un plan vertical coupant normalement les deux plans verticaux des faces latérales et la courbe parabolique qui se termine ainsi par une arrête vive.

Comme un semblable bateau, muni de son moteur, de sa chaudière, du combustible, du fret, etc., présente un certain tonnage, et doit forcément avoir un tirant d'eau assez notable, une courbe très surbaissée raccorde l'avant du bateau émergeant hors de l'eau avec le sommet de la parabole; cette courbe de raccordement a sa concavité dirigée en haut.

Le cercle osculateur des deux courbes, la parabole et la courbe de raccordement, passant par le point O sommet antérieur de la carène a un rayon infini.

Dans ces conditions, discutons les conditions générales de la marche d'un semblable bateau.

Au départ l'effort de poussée est faible, le déplacement de l'eau contre l'avant du bateau formé par la courbe de raccordement et la diminution de la pression hydrostatique de l'eau à l'arrière feront exactement équilibre à l'effort de traction.

La composante verticale sera très faible et le bateau restera sensiblement dans ses lignes.

Dans cette première période les résistances croîtront sensiblement comme le carré des vitesses.

Dans la figure 2, planche III, nous avons représenté cette première période par la partie O B.

Cette courbe est donnée par la formule :

$$\text{Résistance ou effort de traction} = \frac{ksv^2}{2g}$$

dans laquelle $k = 0{,}55$ pour cette forme de bateau
$s =$ la surface du maître-couple
$v =$ la vitesse du bateau.

Amené à une certaine vitesse le bateau, sollicité par les composantes verticales qui prennent de plus en plus d'importance avec l'augmentation de la rapidité de translation, commence à se déniveler, ce qui diminue la valeur numérique de s la surface du maître-couple.

Il résulte de ce fait que s devient fonction de v et la résistance R peut s'écrire :

$$R = \frac{kf(v)v^2}{2g}$$

Si nous admettons que s soit exprimée par une fonction développée de v nous pourrons chercher la valeur de s pour une certaine vitesse v par l'expression

$$s = \frac{k \frac{1}{v^x} v^2}{2g}$$

Dans cette formule x varie avec v la vitesse du bateau. Si l'exposant x dépasse la valeur numérique 2, on voit que la valeur absolue de la résistance R *doit diminuer numériquement avec une augmentation de vitesse.*

Admettons comme exemple

$$x = 3.$$

$$R = \frac{k}{2gv} < \frac{ksv^2}{2g}$$

Ainsi à partir du moment où les composantes verticales sont suffisamment accusées pour intervenir dans le phénomène mécanique d'une manière appréciable, la courbe de la résistance R ou de l'effort de traction, ne suit plus la formule ordinaire. Elle s'infléchit et *passe par un maximum* C sur la figure 2, caractérisé par ce fait que la dérivée de la fonction exprimant l'effort de traction change de signe et devient négative.

A partir de ce maximum de l'effort de traction, une augmentation de vitesse du bateau étant accompagnée d'une diminution de résistance au mouvement, il s'ensuit que la courbe descend vers l'axe des vitesses jusqu'en un second point d'inflexion D qui est le minimum absolu de l'effort de traction.

Ce minimum résulte de la somme algébrique de tous

les efforts passifs nécessaires à la translation du bateau, résistance du moteur, résistance de l'air au mouvement, résistance de l'hélice dans l'eau, frottements de l'eau et de tous les organes mécaniques, enfin effort de traction nécessaire pour maintenir la vitesse d'après la formule précédente. Ce minimum est représenté en D.

Pour les vitesses supérieures toutes les résistances passives croissent sensiblement comme le carré des vitesses, donc la courbe DE, troisième période, sera représentée par une parabole dont le coefficient variera suivant les dispositions adoptées par la pratique.

Pour nous résumer, nous distinguerons donc trois périodes bien distinctes dans la courbe des efforts de traction de ce bateau en fonction des vitesses dont il est animé :

1re période. *L'effort de traction est sensiblement proportionnel au carré des vitesses avec un coefficient* $k = 0{,}55$, *puis à partir d'un certain point B la courbe monte moins rapidement, s'infléchit de plus en plus et passe par un maximum C, maximum absolu dans l'effort de traction.*

2me période. *L'effort de traction diminue constamment avec une augmentation de vitesse de C en D.*

3me période. *L'effort de traction augmente en suivant une courbe parabolique jusqu'au maximum de l'effort que le moteur peut donner, l'extrémité de la courbe E correspond simultanément au maximum du travail du moteur et au maximum de la vitesse qu'on peut obtenir avec le bateau.*

La courbe schématique tracée dans la figure 2 nous montre ainsi que le même effort kilogrammétrique transmis au bateau peut à volonté lui donner trois vitesses différentes.

Soit la ligne F H correspondant à un certain effort, elle coupe la courbe aux points M, M′, M″.

Il est évident que pratiquement les vitesses M et M″ sont seules stables, car l'accélération en M′ étant obtenue avec une diminution d'effort de traction, *le réglage* de la vitesse est presque impossible.

IV

Voici maintenant les conditions dans lesquelles nous avons réalisé partiellement les vérifications expérimentales de l'étude théorique qui précède.

Grâce à l'aide financier d'un groupe de personnes qui se sont intéressées à cette question, nous avons commandé à la *Société genevoise pour la construction d'instruments de physique* un bateau représenté à la pl. IV, en plan, élévation et coupes.

Ce bateau a les dimensions suivantes à la ligne d'eau, lorsqu'il est au repos :

De l'arrière à l'avant, $20^{m},25$ ligne d'eau.

Largeur du bateau égale partout, $3^{m},90$.

De l'arrière au sommet de la parabole de la carène, 16 mètres.

Hauteur de l'ordonnée de la parabole, $0^{m},25$.

Longueur immergée de la courbe antérieure de raccordement de la parabole $= 4^{m},25$.

Le fond du bateau est presque absolument plat, la quille large de 30 centimètres contient l'arbre de l'hélice. L'insertion de la quille, sur le fond du bateau, est de 5 centimètres plus élevée qu'une ligne horizontale tangente sur les bords des parois verticales.

Cette disposition donne à tout le fond du bateau une forme très légèrement concave dans le sens de la largeur. (Voir les deux coupes de la planche IV.)

La chaudière, construite pour résister à une marche de 12 atmosphères effectives, est tubullaire, à foyer intérieur, système chaudière de locomotive; elle a 100 mètres de surface de chauffe.

Son foyer a $1^m,60$ de profondeur sur $1^m,20$ de largeur.

Les 202 tubes ont $3^m,20$ de longueur et 48 millim. de diamètre.

Le corps cylindrique a $1^m,40$ de diamètre.

Les tôles ont 18 et 20 millimètres d'épaisseur.

Deux injecteurs Giffard alimentent cette chaudière.

La machine motrice est à deux cylindres pouvant recevoir chacun séparément la vapeur directement de la chaudière et échapper dans la cheminée pour produire le tirage forcé dans le foyer.

Une disposition spéciale de vannes permet la marche en compound, c'est-à-dire permet à la vapeur qui a travaillé dans le petit cylindre d'entrer dans le grand cylindre et d'y produire par détente un deuxième effort avant d'aller à l'échappement.

Les deux cylindres ont les dimensions suivantes :

Petit cylindre :	Diamètre	275	millimètres.
	Course	280	»
Grand cylindre :	Diamètre	478	»
	Course	280	»

L'arbre a 120 millimètres de diamètre.

L'hélice en bronze a $1^m,30$ de diamètre et un pas de $2^m,50$. Cette hélice a été construite géométriquement de manière à pouvoir vérifier chaque élément de la surface active des trois palettes droites dont elle est composée.

La longueur de l'hélice est de 30 centimètres.

La direction du bateau est obtenue à volonté par deux gouvernails, l'un est placé en avant, l'autre en arrière.

Pour les petites vitesses, le gouvernail de l'avant conduit beaucoup mieux que celui de l'arrière, à cause de la forme brusque de l'arrière et des remous qui en résultent.

Au repos, le tirant d'eau est le suivant :

Arrière, $1^m,10$ à partir de l'arrête inférieure de l'arrière.

Avant, $0^m,46$ au-dessus du 0 de la parabole de 16 mètres de longueur.

Le poids total de l'eau déplacée dans ces conditions s'élève au chiffre considérable de :

52,300 kilogrammes = poids total.

Les parois de tôle qui constituent les flancs verticaux ont été augmentées en épaisseur sur les prévisions premières. Les constructeurs ont dû également ajouter des entretoises pour donner plus de rigidité au fond. Enfin on a surélevé les parois du bastingage pour renforcer les résistances à la flexion de l'ensemble.

Ces surcharges successives ont amené ainsi le poids total à passer de la valeur primitive, estimée à 28 ou 30 tonnes, à la valeur finale de 52 tonnes.

La pression hydrostatique de l'eau contre l'arrière du bateau peut se calculer ainsi :

$$\text{Pression en kilogrammes} = \int_0^{11,0} 39 \times x dx$$

et en intégrant

$$\text{Pression} = \frac{39 \times \overline{11}^2}{2} = 2360 \text{ kilogrammes.}$$

Cet effort représente l'effort maximum dû à la diminution de la pression hydrostatique à l'arrière pendant le mouvement, en supposant qu'il n'y ait aucune dénivellation du bateau.

Pour pouvoir suivre pendant le mouvement les variations de la pression de l'eau contre les différentes parties de la carène du bateau, nous avons percé douze ouvertures en des places géométriquement parfaitement déterminées, et nous avons relié ces ouvertures par l'intermédiaire de tubes métalliques et de tubes en caoutchouc avec des manomètres à eau composés d'un tube en verre recourbé en forme d'un U.

En introduisant de l'air, au moyen d'une pompe, entre la colonne liquide contenue dans le manomètre et l'ouverture percée sous le fond de la carène, on oblige d'une part l'air à sortir par cette ouverture libre, et d'autre part la colonne liquide du manomètre à marquer exactement sous quelle pression l'air peut s'échapper par le fond du bateau.

La colonne mesure donc exactement *la pression hydrodynamique* de l'eau contre l'ouverture percée dans la paroi inférieure du bateau, et cela indépendamment d'une vitesse quelconque. On peut donc faire des lectures au repos et à des vitesses de plus en plus grandes et lire quelles sont les pressions résultantes contre l'ouverture du manomètre.

D'après le calcul, si l'on admet à 12 atmosphères effectives la vapeur sur les deux cylindres à $^6/_{10}$ d'admission, lorsque chaque cylindre échappe directement dans la cheminée, l'effort de traction de l'hélice est représenté par l'expression :

$$\frac{\overline{23{,}5}^{2}_{\text{déc.}} \times 10{,}33^{\text{k}} \times 10{,}1 \times 100 \times 0{,}56^{\text{m}} \times 80}{2^{\text{m}},50 \times 100} = 4350 \text{ kilogr.}$$

Nous ne comptons que sur un rendement de $^{80}/_{100}$ de l'effort théorique dans l'expression précédente.

Cet effort de traction est capable de faire monter le poids total du bateau sur un plan incliné de 8,5 $^{0}/_{0}$.

Malheureusement, ainsi que nous le verrons plus loin, des imperfections dans la construction des coussinets des têtes de bielles et dans la distribution de la vapeur nous ont complètement empêchés d'obtenir des efforts comparables à ceux que l'on était en droit d'attendre.

Le plus grand effort obtenu par l'action de la vapeur agissant dans les deux cylindres simultanément a atteint tout au plus 1800 kilogrammes.

Nous avons dû nous servir de l'aide du bateau le *Winkelried,* loué à la Compagnie Générale de Navigation, pour faire remorquer notre bateau géométrique, afin de pouvoir pousser nos observations jusqu'à une vitesse de 27 kilomètres.

V

Nous allons maintenant exposer les résultats numériques obtenus durant les nombreuses expériences faites durant plusieurs sorties de bateau, soit sans remorque, soit avec l'aide du Winkelried, grand bateau de la Compagnie Générale de Navigation.

Cette dernière série d'expériences faites à la remorque

du Winkelried a été favorisée d'un temps splendide et calme durant la plus grande partie de la journée, aussi les chiffres obtenus présentent-ils un grand degré d'exactitude.

Elle a eu lieu le 19 octobre, de 8 heures du matin à 5 h. $^1/_2$ du soir.

Nous avons complété les résultats numériques par une dernière course du bateau modèle seul, faite le mercredi 1er novembre et durant laquelle, grâce au concours de plusieurs étudiants de l'Université de Genève et d'un calme plat, nous avons obtenu huit séries de chiffres des plus concordants se rapportant aux faibles vitesses du bateau.

La distance parcourue par le bateau a constamment été mesurée par des points de repère sur terre ferme, c'était d'une part l'extrémité du débarcadère de Morges, et d'autre part l'alignement rectiligne des deux clochers de Saint-Prex.

La mesure du temps était faite par le moyen du chronographe au $^1/_5$ de seconde et le nombre de tours de l'hélice était enregistré sur un compteur à cadran, avec des lecture de 3 en 3 minutes.

Les pressions de la chaudière étaient données par deux manomètres et les pressions sur les pistons par deux autres manomètres placés sur les tiroirs des cylindres à vapeur.

Les efforts de traction tant en marche qu'au repos ont été enregistrés par les lectures d'un dynamomètre à ressort dont l'aiguille peut indiquer 2000 kilogrammes. J'ai vérifié cet instrument par des épreuves directes faites à l'atelier de Plainpalais.

Nous avons choisi au milieu de toutes ces séries d'ex-

périences celles qui se suivent avec le plus de netteté et de précision, celles qui n'ont été troublées ni par le passage d'un bateau à vapeur, ni par de grosses vagues, ni par une cause perturbatrice provenant d'un échauffement exagéré des coussinets des têtes de bielles.

C'est au moyen de ces expériences réalisant les conditions de précision suffisantes que nous avons calculé les tableaux graphiques annexés à ce travail.

La courbe A (Planche III, fig. 3), est la plus importante de toutes, elle est des plus caractéristiques et montre parfaitement la marche du phénomène mécanique.

La courbe A représente les efforts totaux de traction nécessaires pour donner au bateau modèle une vitesse déterminée.

Les *abscisses* représentent les *vitesses*, les *ordonnées* sont les *efforts de traction* en kilogrammes.

Si l'on étudie la courbe A, on voit immédiatement que toute la première partie de cette courbe est sensiblement parallèle à la parabole théorique B peinte en rouge; c'est-à-dire que les efforts de traction croissent proportionnellement au carré des vitesses.

En effet, pour les vitesses modérées, nous avons constaté deux phénomènes simultanés; nous avons vu que tout le bateau se soulève légèrement et parallèlement à la ligne d'eau au repos, mais par contre il se forme à l'avant de la proue une vague assez forte qui augmente avec la vitesse du bateau.

Il résulte de cette double action une légère diminution dans l'effort de traction en vertu du soulèvement du bateau, mais la vague de l'avant augmentant la résistance au mouvement compense presque exactement cette diminution de l'effort due à la première cause.

Nous avons calculé la courbe théorique B par la formule :

$$F = \frac{ksv^2}{2g}$$

dans laquelle F est l'ordonnée, ou l'effort de traction. k est un coefficient déterminé par cette condition que pour une vitesse v égale à 8 kilomètres, la courbe doit passer par l'effort de traction F égal à 625 kilogrammes, effort exactement égal à celui de notre bateau.

Nous avons ainsi considéré le soulèvement du bateau à cette faible vitesse comme négligeable.

s est la surface du maître-couple de notre bateau égale à 4 m^2.290.

La courbe théorique B nous montre *pour un bateau conservant ses lignes d'eau constantes,* quels seraient les efforts successifs de traction, lorsque la vitesse serait portée successivement de 0 à 27 kilomètres à l'heure.

Or, on voit clairement que *notre modèle diffère complètement d'un bateau ordinaire;* en effet, à partir de 16 kilomètres, les résistances mesurées directement nous indiquent une différence qui va constamment en augmentant si on compare entre elles les courbes A et B.

Plus la vitesse devient grande, plus la diminution dans l'effort est considérable.

Nous constatons même ce phénomène, prévu par la théorie, c'est que pour une certaine vitesse, le soulèvement du bateau est si notable que l'*effort absolu de traction diminue.*

Nous voyons qu'à 21 kilomètres à l'heure l'effort de traction de notre bateau s'élève à environ 3600 kilogrammes, à une vitesse de 23 kilomètres, l'effort atteint

3740 kilogrammes, tandis qu'à 26 kilomètres et demi l'effort n'est plus que de 3375 kilogrammes.

A bord du bateau le Winkelried, et au dynamomètre placé sur le bateau modèle les observations simultanées ont constaté ce fait des plus importants pour notre étude.

Il est absolument hors de doute que si la machine à vapeur du bateau modèle eût pu fournir un effort de traction de 3500 kilogrammes, la vitesse aurait considérablement augmenté et le bateau eût devancé immédiatement le Winkelried.

Le bateau modèle serait entré dans la *seconde période* parfaitement accusée du reste par la courbe A.

C'est à la vitesse de 22 kilomètres et 400 mètres que commence la *seconde période* du mouvement du bateau, celle qui est caractérisée par une diminution d'effort de traction pour une augmentation de vitesse.

Malheureusement l'effort maximum de l'hélice restant au-dessous de 2000 kilogrammes, la continuation de la seconde période devenait impossible, puisque l'effort total dépassait encore à 26 $^1/_2$ kilomètres la valeur de 3000 kilogrammes.

A la vitesse de 26 $^1/_2$ kilomètres le bateau est allégé d'un poids dépassant 25,000 kilogrammes, soit la moitié du poids total.

La diminution de section du maître-couple commence à être bien sensible à partir de 16 kilomètres, elle s'accentue de plus en plus, et à partir de 21 kilomètres, elle croît proportionnellement à la vitesse, c'est-à-dire suivant une fonction linéaire.

Elle atteint 529 $^{00}/_{00}$ à la limite maximum de vitesse que nous avons pu toucher avec le Winkelried.

En multipliant les vitesses de notre bateau par l'effort

correspondant, nous avons tracé la courbe du travail en *chevaux-vapeur*, c'est la courbe C (Pl. III, fig. 4). Elle représente pour chaque vitesse le nombre de chevaux-vapeur nécessaires pour maintenir cette vitesse.

Afin de la comparer au résultat obtenu avec un bateau de forme ordinaire, nous avons calculé la courbe D qui n'est que la transcription en chevaux-vapeur de la courbe B.

On voit bien clairement que jusqu'à 16 kilomètres, le travail de notre bateau est bien voisin du travail théorique nécessaire pour un bateau quelconque, mais à partir de 17 kilomètres, les différences en faveur de notre modèle s'accentuent complètement et nous avons une économie de moitié à la vitesse de 27 kilomètres.

Ces variations considérables à notre avantage dans la puissance des efforts mécaniques constitueront la base de l'économie à réaliser pour des trajets rapides par voie d'eau. Elles sortent d'une manière absolument évidente de l'ensemble des observations faites au dynamomètre.

Nous remarquerons en passant que Claudel, dans son traité de mécanique pratique, donne pour k la valeur de 0,57 pour un bateau ayant une proue fine et un arrière plan; or, pour notre bateau, la valeur de k est $0^{m},575$, mais jusqu'à la vitesse de 16 kilomètres seulement, à partir de ce point la vitesse croissant jusqu'à 27 kilomètres, k s'abaisse progressivement de 0,575 à 0,275, tandis que k est constant pour les bateaux ordinaires.

Nous avons pensé qu'il serait avantageux de comparer les résultats obtenus par le bateau de Mme la Baronne de Rotschild avec ceux de notre bateau modèle.

Voici comment la comparaison peut s'établir.

Lors de la course d'essai de la *Gitana*, on prit des dia-

grammes de la force motrice des machines à trois cylindres qui actionnent l'hélice.

La vitesse était de 41 kilomètres à l'heure et le travail 520 chevaux-vapeur. Nous en déduisons la courbe E qui représente l'effort de traction du bateau la *Gitana*, entre la vitesse O et la vitesse 41 kilomètres. Ces efforts sont ramenés au même maître-couple que notre modèle, car sans cela la comparaison serait sans valeur (Pl. III, fig. 3).

Cette comparaison nous montre que pour les petites vitesses, la *Gitana* plus fine que notre bateau, marche plus aisément et prend moins de force, mais à 19 $^1/_2$ kilomètres les deux bateaux sont égaux quant à la force employée ; à partir de cette vitesse notre modèle est considérablement plus avantageux, car à 27 kilomètres, il demande un effort *52 $^0/_0$ plus faible que la Gitana.*

Ces résultats s'expliquent bien aisément si l'on pense qu'à ces grandes vitesses la *Gitana* s'enfonce tellement au dessous de ces lignes que les bordages de l'arrière sont au niveau de l'eau, tandis que notre modèle s'élève simultanément à l'avant et à l'arrière en diminuant ainsi considérablement la section immergée.

Pour compléter cette étude expérimentale, nous avons fait une courbe des tours de l'hélice par minute en fonction des vitesses.

Cette courbe nous donne la valeur des reculs de l'hélice.

Si nous supposons une vis tournant dans un corps rigide comme un écrou de métal, nous constatons que l'avance de la vis est rigoureusement égale à son pas.

Mais si le corps, au lieu d'être rigide est fluide comme de l'eau, il y a une avance de l'hélice moindre que la longueur du pas ; la différence numérique qui existe

entre l'avance du bateau et le pas de l'hélice pour un tour de celle-ci est ce qu'on appelle le *recul.*

C'est à partir de 6 à 7 kilomètres que nos observations prennent un peu d'exactitude, nous voyons qu'à ces vitesses-là le recul est considérable, égal à 40 °/₀ de la vitesse du bateau. Au fur et à mesure que la vitesse augmente, le recul diminue, ce qui était du reste parfaitement prévu, et s'explique aisément si l'on tient compte des masses d'eau mises en mouvement par l'hélice.

De la vitesse 14 kilomètres à la vitesse 20 kilomètres, on voit sur la courbe F (Pl. III, fig. 5), que le nombre de tours reste presque stationnaire, compris entre 188 et 195 tours.

Entre les vitesses 17 et 20 kilomètres, le nombre de tours diminue même de 2 à 3 révolutions par minute pour se relever à 220 révolutions pour une vitesse de 27 kilomètres.

La courbe G représente le *recul* de l'hélice en fonction des vitesses, c'est la différence entre le nombre de tours observés et celui qui correspondrait à une hélice tournant dans un corps rigide.

On voit que le recul passe par un maximum pour une vitesse de 11 à 13 kilomètres, puis il diminue constamment et tend à devenir nul, ainsi que le montre la forme terminale de la courbe G.

En effet, plus les vitesses augmentent, plus les masses d'eau sur lesquelles s'appuie l'hélice augmentent également, par contre l'effort de propulsion ne croît plus dans le même rapport, donc le recul doit forcément diminuer.

A une vitesse de 15 mètres par seconde, le recul serait réduit à $^1/_{30}$ seulement du pas de l'hélice. En valeur numérique, il serait de 8 $^1/_2$ centimètres par tour d'hélice dont le pas est de $2^m,50$.

Nous avons constaté aussi que l'eau s'échappe en nappe unie et lisse à l'arrière du bateau sous l'arrête vive du fond, dès que l'effort de traction dépasse 2000 kilogrammes. Ce résultat est d'accord avec l'équation suivante représentant l'effort de l'eau maximum contre la paroi arrière du bateau :

Cette paroi a 3m,90 de large,
elle est immergée de 1m,10 au repos, donc on a pour la poussée de l'eau :

$$3{,}90 \times 1000 \int_{o}^{1{,}10} x dx = 3900 \times \frac{\overline{1.10}^2}{2} = 2360 \text{ kilogr.}$$

Dès que le bateau marche, l'arrière se soulève et se maintient à la cote 95 centimètres, ce qui ramène cette poussée de 2360 kilogrammes au repos à 1800 kilogrammes en marche.

Plus la vitesse s'accélère, plus cette poussée s'affaiblit.

Ainsi nous vérifions expérimentalement ce fait que l'intensité et l'amplitude des remous du bateau diminuent sensiblement à mesure que la vitesse atteinte augmente.

A la limite pour une vitesse de 50 kilomètres à l'heure l'eau sera fort peu mise en mouvement par le passage du bateau.

Les expériences qui précèdent et spécialement celles qui ont été faites aux vitesses dépassant 20 kilomètres à la remorque du *Winkelried*, nous permettent de connaître, approximativement tout au moins, la valeur de h, hauteur de la colonne d'eau verticale dont le centre de gravité est G (Planche III, figure 1).

Cette colonne d'eau reçoit une accélération dirigée de

haut en bas dans le sens de la verticale et c'est à la réaction mécanique qu'elle exerce contre le fond de la carène que l'on doit la dénivellation du bateau.

La courbe du *tonnage soulevé* dans la fig. 3, pl. III, nous donne pour chaque vitesse la somme totale de toutes les composantes verticales élémentaires.

Nous savons de plus que ces accélérations verticales sont constantes et identiques pour chaque élément de surface de la carène lorsque le bateau est animé d'une certaine vitesse.

En appelant v la vitesse du bateau, l la largeur du bateau, L sa longueur, la section totale horizontale de toutes les colonnes d'eau verticales qui reçoivent dans une seconde une accélération commune sera représentée par :

$$l\mathrm{L} = \text{section totale horizontale.}$$

Donc le poids de l'eau mise en mouvement sera :

$$l\mathrm{L}h = \text{poids de l'eau déplacée verticalement.}$$

h est la quantité inconnue à déterminer par les expériences numériques.

Appelons g' l'accélération verticale correspondant à une vitesse v et g l'accélération due à la pesanteur,

Nous aurons l'expression générale :

$$\mathrm{L}lh\frac{g'}{g} = \text{Tonnage soulevé.}$$

D'où l'on dégage h l'inconnue.

$$h = \frac{\text{Tonnage soulevé} \times g.}{\mathrm{L}lg'}$$

Pour que l'équation soit homogène nous emploierons *les décimètres* comme *unité de longueur,* le *kilogramme* pour l'*unité de poids* et *le mètre* pour unité *des accélérations.*

L'accélération g' se détermine numériquement de la façon suivante :

Pendant les différentes vitesses du bateau nous avons lu contre les graduations peintes à l'avant du bateau et à l'arrière les hauteurs de la ligne de flottaison.

Ces lectures il est vrai n'offrent pas une grande garantie de précision, car les moindres vagues du lac entraînent aisément des différences en plus ou en moins de 20 à 25 centimètres.

Le mouvement propre du bateau produit le *bourrelet* d'eau à l'avant, qui est une vague permanente et qui masque la hauteur réelle de l'eau calme.

Quoi qu'il en soit nous avons fait de nombreuses lectures, nous en avons pris les moyennes et nous arrivons aux chiffres suivants consignés dans le tableau que voici :

Vitesses en kilomètres par heure.	Valeur de v	Tirant d'eau à l'avant.	Tirant d'eau à l'arrière.
	m	m	m
20 kilom.	5,55	0,18	0,95
22 »	6,11	0,15	9,90
24 »	6,66	0,12	0,88
27 »	7,50	0,10	0,85

L'accélération g' peut, d'après ces données, se calculer par la formule suivante :

La carène du bateau est un prisme parabolique qui s'applique exactement sur un prisme rectangulaire parallèle à l'axe des X (Planche III, figure 1).

Nous savons que l'ordonnée maximum de cette parabole est à l'arrière et qu'elle a pour valeur $0^m,25$.

L'accélération due à cette parabole seule est, d'après la propriété de la parabole, double de l'ordonnée correspondant à la vitesse v.

A cette accélération il faudra ajouter celle provenant de l'obliquité du plan OX sur lequel le prisme parabolique se rattache au prisme rectangulaire du bateau.

C'est la somme de ces deux accélérations qui représente numériquement la valeur de g'.

La longueur L en marche vaut 19 mètres.

Si nous supposons la vitesse v égale à 19 mètres, l'accélération g' s'exprimera par :

$$g' = [\text{Tirant d'eau arrière} \\ - \text{Tirant d'eau avant} - 0^{m},25 + 0^{m},50] \times \frac{19}{16}$$

telle sera l'accélération totale numériquement connue.

Les vitesses au lieu d'être égales à 19 mètres par seconde, varient entre les limites $5^{m},55$ et $7^{m},50$, nous calculerons par proportions et par la formule de la parabole les valeurs correspondantes de g'.

On arrive aux résultats suivants :

Vitesses v.	Valeur de g'.
m	m
5,56	0,35
6,11	0,37
6,66	0,41
7,50	0,48

Introduisant ces valeurs de g' dans l'équation .

$$h = \frac{\text{Tonnage soulevé} \times g.}{Llg'}$$

on trouve pour h les nombres :

Vitesses.	Valeurs de *h*.
m	m
5,56	2,500
6,11	3,853
6,66	5,409
7,50	7,667

On voit par ce tableau que la hauteur de la colonne d'eau qui reçoit une accélération verticale par le passage du bateau au-dessus d'elle *croît proportionnellement à la vitesse du bateau.*

En traçant la courbe des valeurs de *h* en fonction des vitesses, pl. III, fig. 3, on voit que la hauteur de *h* croit sensiblement parallèlement à la dénivellation du bateau, soit au tonnage soulevé.

Nous déduisons de là que plus la vitesse augmente, plus l'eau par rapport au bateau *devient rigide,* plus elle oppose une résistance considérable dans le sens vertical en obligeant le bateau à se soulever pour la raser de plus en plus au lieu de flotter d'après le principe d'Archimède.

Il faut évidemment pour obtenir ce résultat que les efforts de traction dans le sens horizontal soient amenés à leur minimum, car sans cette condition le moteur épuiserait son action avant d'avoir communiqué une vitesse suffisante pour que la rapidité bénéficie du soulèvement général du bateau.

Afin de pouvoir mieux comparer entre elles les courbes des efforts de traction, que l'on obtient au moyen d'un bateau ordinaire qui ne se dénivelle pas et au moyen du bateau rapide, nous avons dressé le tableau suivant.

Dans la 1re colonne nous inscrivons les *vitesses obtenues.*

Dans les 2me et 3me colonnes nous marquons *les efforts de traction correspondants du bateau rapide* appelés F′.

Dans la 3me colonne, *les efforts de traction d'un bateau ordinaire* F, courbe rouge.

Dans la 4me colonne les différences F — F′ sont inscrites.

Dans la 5me colonne on lit le rapport $\frac{F - F'}{F}$.

Vitesses	Bateau rapide F′	Bateau ordinaire F	Différence F — F′	Rapport $\frac{F - F'}{F}$
kilom.	kilog.	kilog.		
0	—	0	—	—
1	—	9,688	—	—
2	(45)	38,7	(— 6,3)	—
3	—	87,1	—	—
4	(170)	155	(—15)	—
5	—	242	—	—
6	—	349	—	—
7	—	474	—	—
8	620	620	0	0,000
9	755	785	+ 30	+0,038
10	945	969	+ 24	+0,025
11	1130	1172	+ 42	+0,036
12	1355	1395	+ 40	+0,029
13	1635	1637	+ 2	+0,001
14	1935	1899	— 36	—0,019
15	2195	2180	— 15	—0,007
16	2490	2480	— 10	—0,004
17	2750	2784	+ 34	+0,012
18	3000	3139	+ 139	+0,044
19	3230	3497	+ 267	+0,076
20	3420	3875	+ 455	+0,117
21	3600	4272	+ 672	+0,157
22	3700	4688	+ 988	+0,210
23	3730	5125	+1395	+0,272
24	3685	5580	+1895	+0,339
25	3615	6055	+2440	+0,401
26	3480	6519	+3069	+0,468
27	3325	7061	+3736	+0,529

La dernière colonne montre d'une manière évidente combien la marche du bateau rapide est facilitée par la dénivellation, puisque le coefficient de résistance pour une vitesse de 26 à 27 kilomètres s'abaisse jusqu'à une valeur moitié moindre de celle qu'il avait au départ.

La courbe A de la figure 3 se rapproche complètement de la courbe théorique de la figure 2, seulement elle est arrêtée au commencement de la descente vers l'axe des X par le fait de l'insuffisance de l'effort de traction du moteur et de l'insuffisance de vitesse du *Winkelried*. L'augmentation de rapidité est ainsi mécaniquement compromise au début de la 2me période.

Les résultats obtenus au moyen des douze manomètres communiquant avec différentes places du bateau ont complètement confirmé ce qu'on pouvait d'avance attendre de l'action de l'eau contre la parabole flottante.

Nous avons constaté que, à part les indications de trois manomètres dont l'ouverture est placée sur la partie inférieure de la quille, *toutes les lectures faites sur les manomètres sont assez sensiblement constantes et indépendantes des vitesses du bateau.*

En effet, toute position d'équilibre du bateau est due à la somme de la poussée verticale statique plus la poussée dynamique, faisant équilibre au poids du bateau. Donc, tout ce que l'on perd en pression statique lorsque le bateau se soulève, on le gagne en poussée dynamique. Le poids du bateau se répartissant sur la surface totale de la carène et les accélérations des masses d'eau étant également sensiblement constantes pour chaque élément de surface, on voit que les indications manométriques doivent rester stationnaires et n'accuser de divergences sensibles que là où les efforts de l'eau s'écartent des données théoriques.

Les deux manomètres de l'avant placés sur la courbe de raccordement ont indiqué une forte augmentation de pression pour les grandes vitesses.

Nous avons fait la même constatation pour les deux

manomètres à l'arrière de la grille, l'angle de l'orifice avec la direction du bateau est à cette place au maximum d'inclinaison.

Pour tous les manomètres placés sur la parabole, les efforts ou poussées de l'eau ont été très sensiblement constantes.

A une vitesse de 19 kilomètres environ l'eau abandonnait complètement l'arrière du bateau et l'on pouvait distinguer la veine fluide et lisse au fond du creux laissé libre par le déplacement du bateau.

VI

Conclusions

En rapportant les indications générales fournies par l'analyse des résultats particuliers et numériques obtenus par les expériences décrites, nous en dégageons les conséquences suivantes :

1° *En donnant à une carène de bateau une forme plane dans le sens transversal, de babord et tribord et une forme parabolique dans le sens longitudinal de la proue à la poupe, la concavité de la courbe étant dirigée vers le fond de l'eau, on obtient pour l'effort de traction de ce bateau une valeur numérique constamment plus faible que celle qui correspondait à un bateau ordinaire de mêmes formes générales et marchant avec une même vitesse ;*

2° *Les avantages de la courbe parabolique ne deviennent sensibles qu'à une certaine vitesse, fonction de la largeur du bateau, de sa longueur et de son tonnage, ainsi que des paramètres de la courbe parabolique ;*

3° *Pour ces bateaux à carène parabolique l'effort de traction passe par une valeur maximum correspondant pour chaque bateau à une certaine vitesse.*

A partir de ce maximum une augmentation ou une diminution de vitesse sont caractérisées par une diminution de l'effort de traction;

4° *Le travail du moteur, par conséquent la dépense de combustible, diminue à partir du commencement de la seconde période, bien que la vitesse du bateau augmente ;*

5° *Des expériences ultérieures décideront des limites numériques de la seconde période dont on n'a pu jusqu'ici que constater l'existence en établissant les phénomènes mécaniques du début ;*

6° *La dénivellation du bateau, qui est très faible pour les petites vitesses, croît très rapidement dès qu'on atteint une vitesse de 5 mètres par seconde. Elle converge avec rapidité vers la limite supérieure qui est égale comme poids soulevé au poids total du bateau* ;

7° *La hauteur des colonnes d'eau, qui prennent des accélérations verticales par le passage du bateau au-dessus d'elles, croît proportionnellement à la dénivellation du bateau et dans les limites de nos expériences proportionellement aux vitesses absolues du bateau diminuées d'une constante égale à 16 kilomètres à l'heure ;*

8° *Le recul de l'hélice pour les différentes vitesses du bateau augmente jusqu'à un maximum, puis diminue constamment et tend à devenir nul pour une vitesse infinie.*

Il faut construire l'hélice avec un pas progressif calculé d'après cette formule en vue d'une vitesse déterminée à l'avance, afin d'avoir à cette vitesse-là le moins de résistances passives à vaincre dans l'eau par le mouvement propre du moteur.

9° *En appliquant en pratique la forme parabolique aux carènes des bateaux, il faudra évidemment donner à l'avant le plus de finesse possible pour éviter les résistances horizontales du départ d'autant plus grandes que le tonnage est plus fort et que l'avant est plus large.*

Ces résistances directemeut opposées à l'effort de propulsion du moteur peuvent empêcher d'atteindre les vitesses nécessaires pour passer dans la deuxième période.

En terminant cette première étude de ce problème de physique appliquée, nous désirons remercier MM. le professeur Ch. Cellérier, W. Marcet, Aug. Pictet de Rochemont, Th. Turrettini, Ch. Schmidtgen, M. le Prince Brancovan et Mme la Baronne de Rothschild pour les renseignements nombreux et le concours bienveillant qu'ils nous ont donnés durant les expériences faites à Morges l'automne dernier.

NOTE

SUR LES

FORCES APPARENTES NAISSANT DU MOUVEMENT TERRESTRE

PAR

M. C. CELLÉRIER

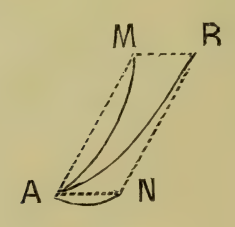
La question que je viens de mentionner comprend au fond la théorie des marées, celle du pendule et du gyroscope de Foucault, celle des déviations des projectiles des armes à feu, etc. Elle a donc été, à ces divers points de vue, mûrement étudiée. Mais ces recherches, quand on veut les baser sur les lois de la mécanique, et de façon à les rendre comparables à l'expérience, sont d'une nature compliquée. On part des équations différentielles du mouvement, et la notion même de forces apparentes s'y trouve le plus souvent superflue.

Mais il est beaucoup d'autres phénomènes, peut-être moins étudiés au point de vue théorique, qui sont dus également au mouvement terrestre : par exemple la déviation périodique de la direction verticale, ou du fil à plomb : les grands mouvements de la mer et de l'atmosphère, le déplacement des cours d'eau, peut-être quelques effets produits sur les trains rapides.

Pour s'en rendre compte, on peut appliquer les lois de la mécanique en supposant la terre complètement immo-

bile, pourvu qu'aux forces réelles agissant sur tous ses points on en joigne d'autres, nommées forces apparentes, qui n'existent point, mais corrigent l'erreur due à l'hypothèse de l'immobilité. Or il m'a paru que la recherche de ces forces pouvait se présenter rigoureusement d'une façon fort simple, de même que leur application à quelques-uns des phénomènes ci-dessus. C'est le but du travail qui suit.

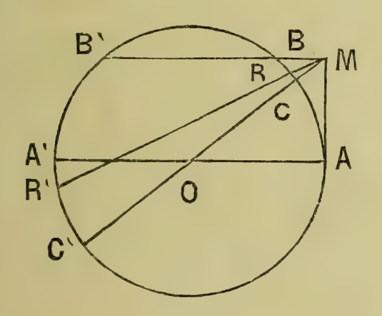
Ce que j'appellerai le *mobile* sera un point matériel ou un petit corps, et les forces qui agissent sur lui seront regardées comme divisées par sa masse, ou rapportées à l'unité de masse : de la sorte la pesanteur est exprimée par $g = 9{,}809$, en prenant, comme je le ferai toujours, le mètre et la seconde pour unités. Cela posé soient : AM la ligne que le mobile parcourrait dans le temps t en partant du point A avec une vitesse v, et animé d'une force



F : AN celle qu'il parcourrait dans le même temps, sans vitesse initiale, animé d'une autre force f : AR celle qu'il parcourrait dans le même temps, ayant la vitesse initiale v, et étant animé à la fois de F et f : il résulte alors du principe *d'indépendance d'action des forces* que le troisième mouvement est composé des deux autres, c'est-à-dire que la figure ANRM est un parallélogramme. La force

f reste sensiblement constante pendant le temps t s'il est très court, et de même que l'espace parcouru dans la chute des corps est $\frac{1}{2}gt^2$, l'espace AN ou MR dû à la force f sera $\frac{1}{2}ft^2$; on peut le regarder comme une droite qui est la direction de la force. Cette droite MR se nomme *la déviation ;* en la désignant par d, on aura $d = \frac{1}{2}ft^2$, $f = \frac{2d}{t^2}$; f est la force *correspondant à la déviation.*

Dans le cas particulier où la force F n'existe pas, AM est une droite de longueur vt parcourue en vertu de la seule vitesse initiale, et on trouve ainsi la seule force f



qui agit. Supposons, par exemple, que le mobile parcoure une circonférence de rayon r avec la vitesse uniforme v : la déviation MR se trouve en prenant l'arc AR $=$ AM ; en la prolongeant jusqu'en R' on aura par les propriétés du cercle $MR \times MR' = MA^2 = v^2t^2$, d'où $d = MR = \frac{v^2t^2}{MR'}$, et $f = \frac{2d}{t^2} = \frac{2v^2}{MR'}$; pour savoir ce que devient cette valeur quand t est très petit menons

MCC′ par le centre O, et MBB′ parallèle à AO ; l'arc AB > AM, l'arc AC < AM ; l'arc AR = AM ; ainsi R est placé entre B et C ; quand t diminue, MB′, MC′ ont pour position limite AA′ ; c'est donc aussi celle de R′M : sa valeur est donc $2r$, de sorte que $f = \frac{v^2}{r}$: de plus la direction de la force est celle de AO, perpendiculaire à la courbe. Soit n la vitesse angulaire, c'est-à-dire l'angle que le rayon passant par le mobile décrit par seconde, l'angle étant exprimé en arcs ; on aura $v = nr$, et par suite $f = rn^2$. C'est la force capable de faire décrire au mobile la circonférence.

En réalité la valeur de la force que fournit la déviation n'est vraie que si AM est infiniment petit, mais on voit par cet exemple qu'elle se trouve ainsi déterminée pour toutes les positions, parce qu'on peut pour chacune d'elles répéter le même raisonnement ; il en est de même dans le cas général.

Forces apparentes dues à un mouvement quelconque de l'observateur. Supposons le mouvement du mobile rapporté à des objets voisins, c'est-à-dire à un système de points ou de lignes, par exemple à une chambre.

Je nommerai *mouvement prévu* celui qu'aurait le mobile, d'après les lois de la mécanique, en tenant compte de sa vitesse initiale, et de toutes les forces qui agissent réellement sur lui, mais supposant la chambre immobile. C'est celui que représente AM, et je suppose cette ligne figurée réellement par une tige matérielle rigide, immobile par rapport à l'observateur. Si celui-ci et le système sont en mouvement le mobile parcourra dans la chambre une autre ligne AR ; la vitesse initiale n'aura pas changé,

car elle n'est que le résultat de l'observation du mouvement au début.

La force f qui correspond à la déviation MR se nomme la *force apparente*. Elle n'agit point physiquement, mais si on la joint aux forces réelles et qu'en supposant la chambre immobile on calcule de nouveau le mouvement du mobile, on trouvera la ligne AR qu'il décrit en réalité. Voici comment on connaîtra la force apparente f au moyen du mouvement du système.

Soit AM la position de la tige au bout du temps t ; c'est en réalité une courbe quelconque dans l'espace, mais sa corde, ou la droite AM est seule représentée dans la

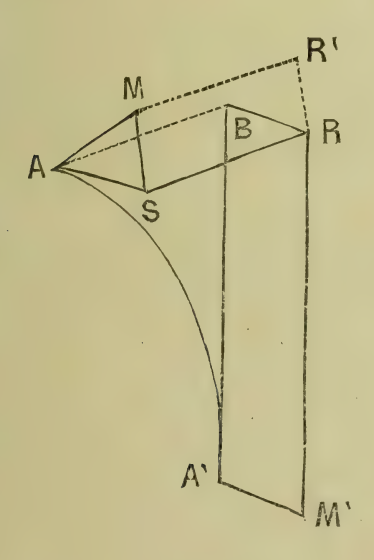


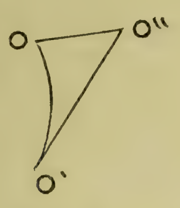
figure. Au commencement du temps t la tige était ailleurs en $A'M'$ et le mobile en A'. Le mobile parcourrait $A'M'$ sous l'influence des forces si en A' il avait la seule vitesse initiale v ; mais sa vitesse initiale réelle est résultante de

v et de celle que possède A′ en vertu du mouvement du système.

Soit A′B la droite qu'elle ferait parcourir dans le temps t au point A′ de la tige; ce nouveau mouvement, composé avec A′M′, donnera le mouvement réel du mobile, et au bout du temps t sa position R sera telle que A′M′RB soit un parallélogramme. Menons AS égale et parallèle à BR et par suite à A′M′, et achevons le parallélogramme MSRR′: la force f qui agit suivant la déviation MR peut se décomposer en deux autres suivant MS, MR′; les trois forces sont proportionnelles aux trois lignes, et comme $f = \frac{2}{t^2}$ MR, on aura pour les autres $\frac{2}{t^2}$ MR′, $\frac{2}{t^2}$MS; d'ailleurs MR′ est égale et parallèle à SR et à AB; ainsi il revient au même dire que la force f est résultante de deux autres, correspondant aux déviations AB et MS qui donnent à la fois leur direction et leur valeur.

Application au mouvement terrestre. Supposons d'abord que le système en mouvement ne partage pas la rotation; par exemple ce seront trois axes rectangulaires ayant pour origine O le centre de gravité de la terre, et qui restent parallèles à eux-mêmes pendant le mouvement. Dans ce cas la tige, immobile par rapport aux axes, n'a qu'un mouvement de translation; AM est égale et parallèle à A′M′ et coïncide par suite avec AS; la déviation MS disparaît, et la seule force apparente, que j'appellerai φ, correspond à la déviation AB. Soient O la position du centre au bout du temps t, O′ la même au commencement de ce temps, et O′O″ la droite que lui ferait décrire dans le temps t sa vitesse en O′. Le point A de la tige ayant à chaque instant une vitesse égale et parallèle

à celle du centre, les courbes O'O, A'A sont égales; A'B et O'O″ sont égales et parallèles, et par suite il en



est de même de OO″ et AB ; ainsi la force φ correspond aussi à la déviation OO″. Or le centre se meut comme un point matériel où la masse terrestre serait concentrée, et la force qui agit sur lui correspond à la déviation O″O, égale et contraire à la précédente ; par suite φ est égale et opposée à cette force, ou à la résultante des attractions des divers astres sur le centre de gravité de la terre.

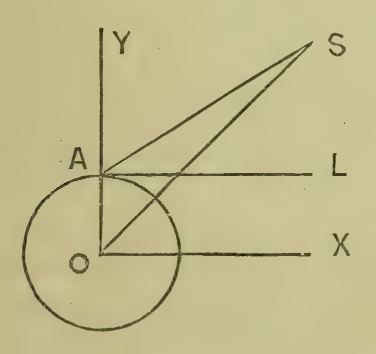
Cette force φ une fois connue, supposons-la réunie aux forces réelles auxquelles on attribue le mouvement prévu AM : nous pourrons alors regarder le centre comme immobile, et chercher les effets de la rotation, en la supposant partagée par le système en mouvement. Prenons pour plan de la figure celui du parallèle du point A, comprenant par suite A' et B, tandis que M, R, S sont hors du plan ; soient φ', φ'' les forces apparentes correspondant aux déviations AB, MS. Le mouvement de A' en A étant uniforme, et A'B la droite décrite en vertu de sa vitesse, AB est la déviation du mouvement circulaire et nous avons trouvé précédemment rn^2 pour la force correspondante, r étant le rayon du parallèle, et n la vitesse angulaire. On a donc $\varphi' = rn^2$, mais cette force agit en sens contraire de l'autre, c'est-à-dire de A vers B, et par suite suivant le prolongement du rayon du parallèle.

Ensuite AM est la position que prend $A'M'$ en tournant avec la terre ; AS est celle que prendrait $A'M'$ par un simple déplacement de translation. Ainsi AM est ce que devient AS, si on fait tourner celle-ci autour d'une normale au plan de la figure, menée par le point A. Les points M et S sont à une même distance h de cette normale ; l'angle de rotation est celui que décrit la terre dans le temps t, c'est-à-dire nt; par suite le petit arc MS qu'on peut prendre pour la déviation d, est égal à hnt : comme on a $\frac{2d}{t^2}$ pour la force correspondante φ'', il en résulte $\varphi'' = \frac{2nh}{t}$. D'ailleurs t étant très court, AM est sensiblement l'espace décrit dans le temps t en vertu de la seule vitesse initiale v du mobile ; h est la projection de cet espace sur le plan du parallèle, et par suite $\frac{h}{t}$ est la projection de la vitesse que je désignerai par u ; on a donc $\varphi'' = 2nu$. On voit en outre que la direction de φ'', ou MS, se trouve dans le plan du parallèle du point M, et perpendiculaire à la vitesse projetée u ; quant à son sens, de M vers S, il est à droite de cette vitesse pour l'observateur situé, par rapport au plan du parallèle, du côté du pôle nord ; c'est bien en effet ainsi qu'il est placé par rapport à la figure, la rotation terrestre étant supposée s'effectuer de A' vers A.

Voici la conséquence générale de tout ce qui précède : les forces apparentes ont été considérées jusqu'ici comme agissant sur un point matériel libre de se mouvoir en tous sens sous l'influence de forces quelconques ; son état de mouvement était quelconque, y compris par conséquent, l'état d'équilibre. Or, tous les corps sont un assemblage

de semblables points. Il en résulte qu'on pourra appliquer exactement les lois de l'équilibre et du mouvement à tous les objets terrestres, en supposant qu'outre les forces réelles, les forces fictives φ, φ', φ'' agissent sur toutes leurs particules, mais regardant la terre comme entièrement immobile. Il nous reste à examiner les effets de ces forces; mais c'est inutile pour φ'; sa valeur rn^2 et sa direction suivant le prolongement du rayon du parallèle montrent que c'est la force centrifuge, parfaitement connue, et qui se confond avec l'attraction terrestre pour former la pesanteur. Il faut remarquer que ce mot a un double sens; dans le mouvement d'une fronde le fil est tendu par la force centrifuge du corps qui tourne; cette force est alors réelle, et il en est de même toutes les fois qu'elle est exercée par le mobile sur l'obstacle qui le contraint à tourner. Plus fréquemment au contraire on considère la force centrifuge comme exercée non par le mobile, mais sur lui: elle est alors toujours une force fictive. Tel est le cas de la force centrifuge terrestre agissant sur un objet lancé en l'air.

Effets de la force φ. Considérons d'abord l'attraction



du soleil comme produisant seule le mouvement de la terre : soient O son centre, A la position du mobile, S le soleil ; rapportons les forces aux axes rectangulaires OAY, OX : soient SO $= \rho$, SA $= \rho'$, et les angles SOX $= h$, SAL $= h'$, AL étant parallèle à OX. Désignons par m l'intensité de l'attraction du soleil à l'unité de distance ; cette attraction pour le centre sera $\frac{m}{\rho^2}$, et d'après ce qu'on a vu, la force φ sera celle-là, prise en sens contraire, et appliquée parallèlement au point A ; mais elle est presque détruite par l'attraction $\frac{m}{\rho'^2}$ que le soleil exerce directement sur le mobile en A. Cette dernière force est réelle et a une valeur sensible, mais on n'en tient jamais compte dans la pratique. Les deux forces, l'une réelle, l'autre apparente, sont ainsi remplacées par leur résultante très faible que nous allons trouver.

Les projections de l'attraction en A sur OX, OY sont $\frac{m}{\rho'^2} \cos h'$, $\frac{m}{\rho'^2} \sin h'$; en soustrayant celles de φ ou de l'attraction en O, on aura pour celles de la résultante

$$X = m\left(\frac{\cos h'}{\rho'^2} - \frac{\cos h}{\rho^2}\right), \quad Y = m\left(\frac{\sin h'}{\rho'^2} - \frac{\sin h}{\rho^2}\right).$$

Les projections de SO et SA sur OX sont les mêmes : sur OY elles diffèrent entre elles du rayon terrestre OA $= r$, d'où résulte :

$$\rho' \cos h' = \rho \cos h, \qquad \rho' \sin h' = \rho \sin h - r.$$

Soit $r = \alpha\rho$, de sorte que α désigne le très petit rap-

port $\frac{r}{\rho}$ dont nous négligerons le carré. En substituant

$$\cos h' = \frac{\rho \cos h}{\rho'}, \qquad \sin h' = \frac{\rho (\sin h - \alpha)}{\rho'},$$

on aura :

$$X = m\left(\frac{\rho}{\rho'^3} - \frac{1}{\rho^2}\right)\cos h, \quad Y = m\left(\frac{\rho \sin h - \alpha \rho}{\rho'^3} - \frac{\sin h}{\rho^2}\right).$$

En outre, dans le triangle SAO, on a

$$\rho'^2 = \rho^2 + r^2 - 2 r \rho \sin h,$$

ou

$$\frac{\rho'^2}{\rho^2} = 1 - 2\alpha \sin h, \quad \frac{\rho'}{\rho} = 1 - \alpha \sin h, \quad \frac{\rho}{\rho'} = 1 + \alpha \sin h,$$

$$\frac{1}{\rho'^3} = \frac{1}{\rho^3}(1 + 3\alpha \sin h).$$

Les valeurs de X, Y se réduisent ainsi à

$$X = \frac{3 m \alpha \sin h \cos h}{\rho^2}, \qquad Y = \frac{m\alpha}{\rho^2}(3 \sin^2 h - 1).$$

On peut prendre pour h l'angle SAL au lieu de SOX qui en diffère à peine ; c'est ainsi la hauteur apparente de l'astre.

La vraie valeur de φ est résultante des attractions du soleil et des autres astres sur le centre. Chacun d'eux attire aussi le mobile, de sorte qu'il lui correspond une force pareille à la précédente, mais sensible seulement pour la lune. Cette action du soleil et de la lune produit

les marées, effet que nous laisserons de côté ; mais elle s'exerce sur tous les corps terrestres. Sa composante verticale Y altère le poids des corps d'une quantité si petite qu'aucune observation ne pourrait la mettre en évidence ; il n'en est pas tout à fait de même de la composante horizontale X.

Pour le soleil seul, sa valeur est

$$X = k \sin 2h,$$

où

$$k = \frac{3\,m\,a}{2\rho^2} = \frac{3\,m\,r}{2\rho^3}.$$

On évalue aisément k en regardant l'orbite de la terre autour du soleil comme circulaire ; le rayon est alors ρ ; l'année exprimée en secondes est $T = 365 \times 86\,400$, et la vitesse angulaire $N = \frac{2\pi}{T}$. On a vu que la force produisant ce mouvement était ρN^2 ; elle est aussi l'attraction $\frac{m}{\rho^2}$; en les égalant on aura N^2 pour valeur de $\frac{m}{\rho^3}$; en prenant pour r la valeur moyenne 6,360,000, on trouvera $k = \frac{1}{2\,640\,000}$.

Supposons la force X agissant sur un fil à plomb, ou sur un poids P suspendu à un point fixe O par un fil de longueur l : le poids sera déplacé en P′, et en désignant par i l'angle du fil avec la verticale, on aura :

$$\text{tang}\, i = \frac{PP'}{l} = \frac{X}{g} = \alpha \sin 2h, \quad \alpha = \frac{k}{g} = \frac{1}{25\,900\,000}.$$

La déviation PP' ou $l\alpha$ sin $2h$ est dirigée vers l'astre si h est positive, en sens contraire si h est négative ou l'astre au-dessous de l'horizon. Le point P' décrira une courbe fermée du lever au coucher de l'astre, et une autre du coucher au lever.

Pour l'effet de la lune seule, k et α seraient remplacés par k', α'; on aurait $k' = \frac{3m'r}{2\rho'^3}$, m' étant l'intensité attractive à l'unité de distance, et ρ' la distance au centre de la terre. Prenant pour ρ, ρ' les distances moyennes, en négligeant leurs variations, on aura :

$$\frac{\rho}{\rho'} = 400\,, \quad \frac{m}{m'} = 80 \times 324\,440$$

rapport des masses,

$$\frac{k'}{k} = \frac{m'}{m}\left(\frac{\rho}{\rho'}\right)^3 = 2{,}46$$

et

$$\alpha' = 2{,}46\,\alpha.$$

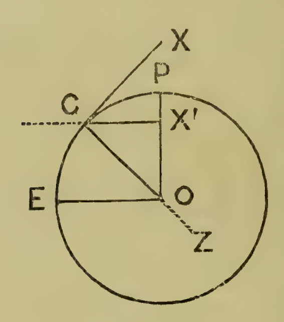
Le mouvement réel de P' produit par les deux astres est compliqué. L'écart maximum correspondra aux syzygies, les deux actions ayant la même direction ; si l'on suppose en outre $h = 45'$ pour les deux astres, on aura :

$$PP' = l\,(\alpha + \alpha') = \frac{l}{7\,480\,000}.$$

L'angle d'écart i n'est alors que d'une fraction $\frac{1}{36}$ de seconde, et PP' ne peut être apprécié qu'en attribuant

à l la plus grande valeur compatible avec l'établissement d'un fil à plomb à l'intérieur d'un édifice ; par exemple si $l = 60^m$ on aurait pour l'écart PP' $\frac{1}{125}$ de millimètre, et il pourrait s'observer au micromètre.

Effets de la force φ''. Nous regarderons la terre comme tout à fait sphérique, O étant son centre, P le pôle nord ; nous prendrons pour origine un point C de la surface, dans le voisinage du mobile : le plan de la figure est mené par O, P, C, et coupe le plan de l'équateur suivant



OE. Nous prendrons l'axe CX suivant la méridienne du point C, vers le nord : CZ sur CO ou suivant la verticale descendante, CY en avant de la figure ; nous devons chercher les projections X, Y, Z de la force φ'' sur les axes, ou ses composantes, connaissant α, β, γ qui seront celles de la vitesse v du mobile. Soient pour cela α' la projection de la vitesse sur CX' perpendiculaire à OP ; et l la latitude COE ou OCX' ; α et γ étant les composantes de la vitesse suivant CX, CZ, on aura en les projetant sur CX',

$$\alpha' = \alpha \sin l + \gamma \cos l.$$

Le plan X′CY étant celui du parallèle, la vitesse u, projection de v sur ce plan, a pour composantes α' et β ; la force φ'' ou $2nu$ aurait pour composantes $2n\alpha'$, $2n\beta$ si elle était dirigée suivant la vitesse u ; mais sa direction s'obtient en la faisant tourner de 90° à droite ; de la sorte la composante $2n\alpha'$ vient sur CY, et $2n\beta$ sur le prolongement de CX′ : ses deux composantes sont donc $-2n\beta$ et $2n\alpha'$; la première, suivant CX′ doit être encore décomposée en X suivant CX, et Z suivant CZ ; on aura ainsi en remplaçant α' par sa valeur :

$$X = -2n\beta \sin l,\ Y = 2n(\alpha \sin l + \gamma \cos l),\ Z = -2n\beta \cos l.$$

C'est la force φ'' qui produit les déplacements du pendule et du gyroscope découverts par Foucault, la déviation des projectiles des armes à feu, celle de la chute des corps, etc. ; ces diverses questions ont été résolues en général au moyen d'une théorie propre à chacune d'elles ; mais je crois que l'emploi des forces apparentes telles que je les ai précisées, offrirait quelque avantage en les ramenant à un principe commun.

Dans le cas d'un corps tombant verticalement on a $\alpha = o$, $\beta = o$, $\gamma = v$, et les formules ci-dessus donnent $X = o$, $Z = o$, $Y = 2nv \cos l$; la force est donc dirigée suivant CY ou à l'est. Le mouvement qui en résulte, en tenant compte des changements de vitesse, a été trouvé conforme à l'expérience par M. Reich : la chute du mobile était observée dans les mines de Freyberg ; sa hauteur était de 158^{m},5.

Pour toutes les applications suivantes, la vitesse v sera horizontale ; alors $\gamma = o$, et les formules se réduisent à :

$$X = -2n\beta \sin l,\quad Y = 2n\alpha \sin l,\quad Z = -2n\beta \cos l.$$

Il est préférable de remplacer X et Y par leur résultante f qui a pour valeur $2nv \sin l$: elle est perpendiculaire à la vitesse v et dirigée à sa droite. En effet les projections de v sur CX, CY étant α, β, celles d'une force $2nv \sin l$ de même direction seraient $2n\alpha \sin l$, $2n\beta \sin l$. Si l'on fait tourner la force de 90° à droite, ces deux composantes tournent aussi, la première venant sur CY, et l'autre sur le prolongement de CX ; les projections de la force seront ainsi $-2n\beta \sin l$ sur CX, et $2n\alpha \sin l$ sur CY, c'est-à-dire les valeurs ci-dessus de X et Y. On aura ainsi :

$$f = kv\,, \quad k = 2n \sin l\,, \quad Z = -2n\beta \cos l = -k\beta \cot l$$

pour les composantes horizontale et verticale de la force. Il est remarquable que la première soit indépendante de la direction de la vitesse v dans le plan horizontal ; elle lui est toujours perpendiculaire, à sa droite dans l'hémisphère nord, et à sa gauche dans l'hémisphère sud, où $\sin l$ est négatif ; cette indication suppose l'observateur placé au-dessus du plan horizontal. La vitesse angulaire n est $\frac{2\pi}{T}$, T étant la durée de la rotation terrestre ou 86,164. En prenant en outre $l = 46°\ 12'\ 4''$, latitude de Genève, on trouve $k = \frac{1}{9\,500}$.

Voici l'effet de la force sur un train ; supposons qu'il aille de l'est à l'ouest avec une vitesse de 90 kilomètres à l'heure ; on aura $v = 25$, $\beta = -25$, et en cherchant le rapport des forces à la pesanteur g, on trouve :

$$\frac{f}{g} = \frac{1}{3727}\,, \qquad \frac{Z}{g} = \frac{1}{3887}.$$

La seconde, qui est dirigée de haut en bas, est la fraction dont le poids de chaque objet est augmenté. Si donc on pouvait supposer que la pression de l'air agissant sur la colonne barométrique ne fût pas modifiée par le mouvement, la hauteur de cette colonne, en la supposant d'abord de $0^m,760$ diminuerait de $\frac{0,760}{3\,887}$ ou de $\frac{1}{5}$ de millimètre. Si le train allait de l'ouest à l'est, la colonne augmenterait d'autant.

Le rapport $\frac{f}{g}$, comme on l'a vu pour le fil à plomb est la valeur de tang i, i étant l'angle dont la direction verticale est déviée ; par suite la direction horizontale est déviée du même angle. Si h est la distance des deux rails, la force f produit le même effet qu'une différence de niveau entre eux ; mais celle-ci n'est que de h tang i ou $\frac{h}{3727}$; elle est trop faible pour être aperçue et avoir aucune influence.

Toutefois la force φ'' qui nous occupe est comme on voit beaucoup plus sensible que l'action du soleil et de la lune examinée précédemment. En effet l'altération du poids des corps produite par cette dernière a comme on l'a vu un coefficient qui la rend absolument insensible : Poisson est arrivé au même résultat par une tout autre méthode. Je mentionnerai en terminant le rôle que joue la force apparente pour dévier les courants de l'eau et de l'atmosphère. Ce rôle est considérable malgré la faiblesse de la force, parce que ses effets s'accumulent dans un long parcours ou un temps prolongé.

L'échauffement de l'eau sous l'équateur diminue sa densité, et quoique cet effet soit partiellement détruit par un excès de salure, il en résulte une force réelle qui tend

à déplacer l'eau vers les pôles. Dans l'hémisphère nord la force f se composant avec la force réelle, dévie plus ou moins le courant au nord-est ; quand il arrive aux latitudes moyennes, la force réelle disparaît presque entièrement, et l'autre infléchit de plus en plus le courant, qui se dirige à l'est, puis revient en partie au sud, complétant ainsi le circuit ; ce mouvement est surtout marqué dans le Pacifique, à cause de sa grande étendue.

Une circulation analogue paraît se présenter dans les grands courants de l'atmosphère, mais à de plus hautes latitudes, et d'une manière moins prononcée. Dans ces phénomènes la composante verticale de la force ne joue aucun rôle ; elle ne tend point à produire une déviation, et son effet est fort inférieur à celui des changements de température et d'autres causes accidentelles.

La force f agit de même sur les courants d'eau, et l'on a depuis longtemps remarqué leur tendance, en pays de plaine, à se déplacer à droite dans l'hémisphère nord, à gauche dans l'hémisphère sud. La force étant proportionnelle à sin l, cet effet est plus prononcé à de hautes latitudes ; aussi dans la Russie d'Europe et d'Asie la rive droite des fleuves paraît habituellement plus escarpée que la gauche. Mais M. Reclus a montré que ce fait est général, et en a donné de nombreux exemples, tels que les déplacements de la Plata au sud de l'équateur, et au nord ceux de l'Euphrate, du Gange, du Nil, etc., et de presque tous les fleuves d'Europe. Ces déplacements séculaires en pays de plaine supposent sur la rive droite, en moyenne, un excès d'érosion, et quoique cet effet ne puisse être calculé exactement, il peut être apprécié par comparaison avec un autre, qui résulte des sinuosités du courant. En laissant de côté le cas où il y aurait des parois

rocheuses, la force d'érosion est plus grande du côté de la convexité du courant, et la rive plus escarpée; ce résultat est dû au moins en partie à la force centrifuge, dont la valeur est $\frac{v^2}{r}$, v étant la vitesse, et r le rayon de l'arc décrit par le courant. Cette force agit sur chaque particule dans une direction horizontale, perpendiculaire au courant, et dans une même section elle est comme la vitesse sensiblement constante ; or on en peut dire autant de la force apparente f ou kv ; celle-ci équivaut donc à la force centrifuge, le rayon r étant tel qu'on ait $kv = \frac{v^2}{r}$, ou pour la latitude de Genève $r = 9500v$. L'érosion due à une sinuosité se produit, même pour un rayon de plusieurs kilomètres, et cela avec des vitesses modérées du courant ; on voit qu'alors la force centrifuge est du même ordre de grandeur que la force f.

Si le courant est convexe du côté de la rive droite, et que son rayon réel soit ρ, les deux forces s'ajoutant, équivalent à la force centrifuge correspondant à un rayon ρ' moindre ; cela suppose qu'on ait :

$$\frac{v^2}{\rho'} = \frac{v^2}{\rho} + kv$$

ou

$$\frac{1}{\rho'} = \frac{1}{\rho} + \frac{1}{r}$$

puisque $kv = \frac{v^2}{r}$: si la convexité est du côté de la rive gauche, ρ' étant encore le rayon pour lequel la force centrifuge équivaudrait aux deux forces réunies, on aurait :

$$\frac{1}{\rho'} = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{r}.$$

On vient de voir que $\frac{1}{r}$ n'est pas en général une quantité très petite par rapport à $\frac{1}{\rho}$; il en résulte que la force naissant de la rotation terrestre tend d'une manière sensible, quand des sinuosités produisent des berges escarpées sur les deux rives, à rendre plus rapides celles de la rive droite.

LE SPECTRE SOLAIRE INFRA-ROUGE

PAR

M. LANGLEY
Directeur de l'Observatoire d'Alleghany.

M. Langley vient d'exécuter sur le spectre solaire infra-rouge un de ces travaux capitaux qui ouvrent à la science un champ nouveau d'investigation. Nous tenons à rendre compte dès à présent des principaux résultats de ces belles recherches, quoique nous ne les connaissions encore que par quelques communications préliminaires [1].

La raie A (longueur d'onde $\lambda = 0^{mm},00076$) formant à peu près la limite du spectre solaire visible, nous connaissons la région spectrale située au delà jusqu'à $\lambda = 0^{mm},0012$ par les photographies du cap. Abney. Employant un procédé nouveau que nous allons décrire sommairement, M. Langley a poussé l'étude du spectre infra-rouge jusqu'aux longueurs d'onde voisines de 3 millièmes de millimètre, c'est-à-dire sur un espace compre-

[1] *Nature*, n° du 12 octobre 1882, p. 586. Nos amis de la rédaction du journal anglais *Nature* ont bien voulu mettre à notre disposition avec une parfaite obligeance les clichés des deux figures que nous reproduisons ici. — Voyez aussi *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, n° du 11 septembre 1882, t. XCV, p. 482.

nant presque 2 octaves, à partir de la limite du spectre visible.

M. Langley a imaginé pour ces recherches un instrument spécial qu'il appelle le *bolomètre*, et qui consiste essentiellement en un fil de platine d'une ténuité extrême, formant un pont de Wheatstone. Ce mince cheveu de platine, auquel il est arrivé à donner une épaisseur moindre qu'un $\frac{1}{25000}$ de pouce anglais, soit $0^{mm},001$, et une largeur de $\frac{1}{125}$ de pouce, soit $0^{mm},2$, subit, sous l'action des moindres variations de température, des variations de conductibilité correspondantes. Un galvanomètre adapté à l'appareil indique immédiatement des changements de température bien inférieurs à $\frac{1}{5000}$° C. On comprend dès lors que ce fil, promené dans les différentes parties de la région infra-rouge du spectre, traduise avec une grande fidélité les moindres variations d'intensité calorifique qui la caractérisent.

Le spectre est produit par un réseau tracé sur un miroir concave en métal spéculaire. Ce réseau, exécuté par M. le prof. Rowland, présente une surface de 144 centimètres carrés et fournit des spectres d'une netteté parfaite sans emploi de collimateur ou de télescope. Les rayons du spectre ainsi obtenu sont dirigés sur un écran présentant une fente étroite et le mince filet de rayons qu'elle isole traverse un prisme de verre, de quartz ou de sel gemme, puis tombe sur le bolomètre, dont le fil remplace en quelque sorte, dans ce nouveau procédé d'observation, le réticule de la lunette d'un spectroscope ordinaire. Aussi la position de ce cheveu de platine doit-elle être toujours réglée avec la plus grande précision, de manière à présenter constamment un parallélisme absolu avec les raies spectrales. L'application de ce procédé exige les soins les plus

minutieux, c'est un long et patient tâtonnement dans l'obscurité, et M. Langley rapporte qu'il lui a fallu plus de deux semaines de travail continu pour arriver à déterminer une seule longueur d'onde dans la partie extrême de l'infra-rouge

Le bolomètre a donné ainsi la mesure directe de l'énergie calorifique dans les tranches successives du spectre solaire, de l'extrémité la plus réfrangible du spectre visible jusqu'à $\lambda = 0^{mm},0028$ et un peu au delà dans l'infra-rouge. Les figures 1 et 2 donnent la loi de variation de cette énergie dans les différentes parties du spectre. Dans la figure 1, les abscisses sont proportionnelles aux déviations prismatiques, dans la figure 2 elles sont proportionnelles aux longueurs d'onde, dans l'une et dans l'autre les ordonnées sont proportionnelles aux énergies calorifiques correspondantes. Le maximum de cette énergie tombe, on le voit, au-dessous de A pour le spectre prismatique, mais dans l'orangé pour le prisme normal. Pour les deux courbes, la portion de l'aire qui correspond à l'infra-rouge représente à peu près les trois quarts de l'aire totale. Cela veut dire que de toute l'énergie calorifique qui nous vient du soleil, un quart seulement appartient au champ du spectre visible et ultra-violet, les trois autres quarts se trouvant dans cette région infra-rouge jusqu'ici presque méconnue.

Cette partie nouvellement explorée du spectre infra-rouge se caractérise, comme on le voit, par des lacunes, des brèches profondes qui vont près de $\lambda=0^{mm},0018$ et 0,0019 jusqu'à une disparition presque complète de l'action calorifique sur un espace assez large. Comme le montrent les photographies du cap. Abney pour la première partie du spectre infra-rouge, ces larges bandes

Fig. 1.

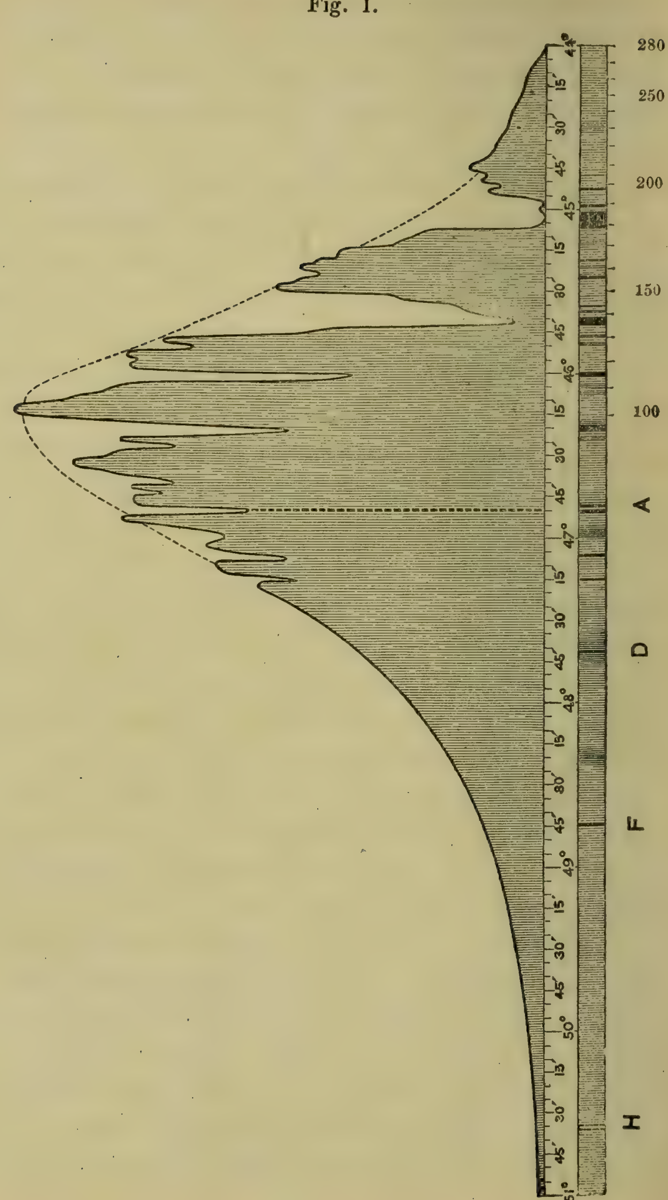
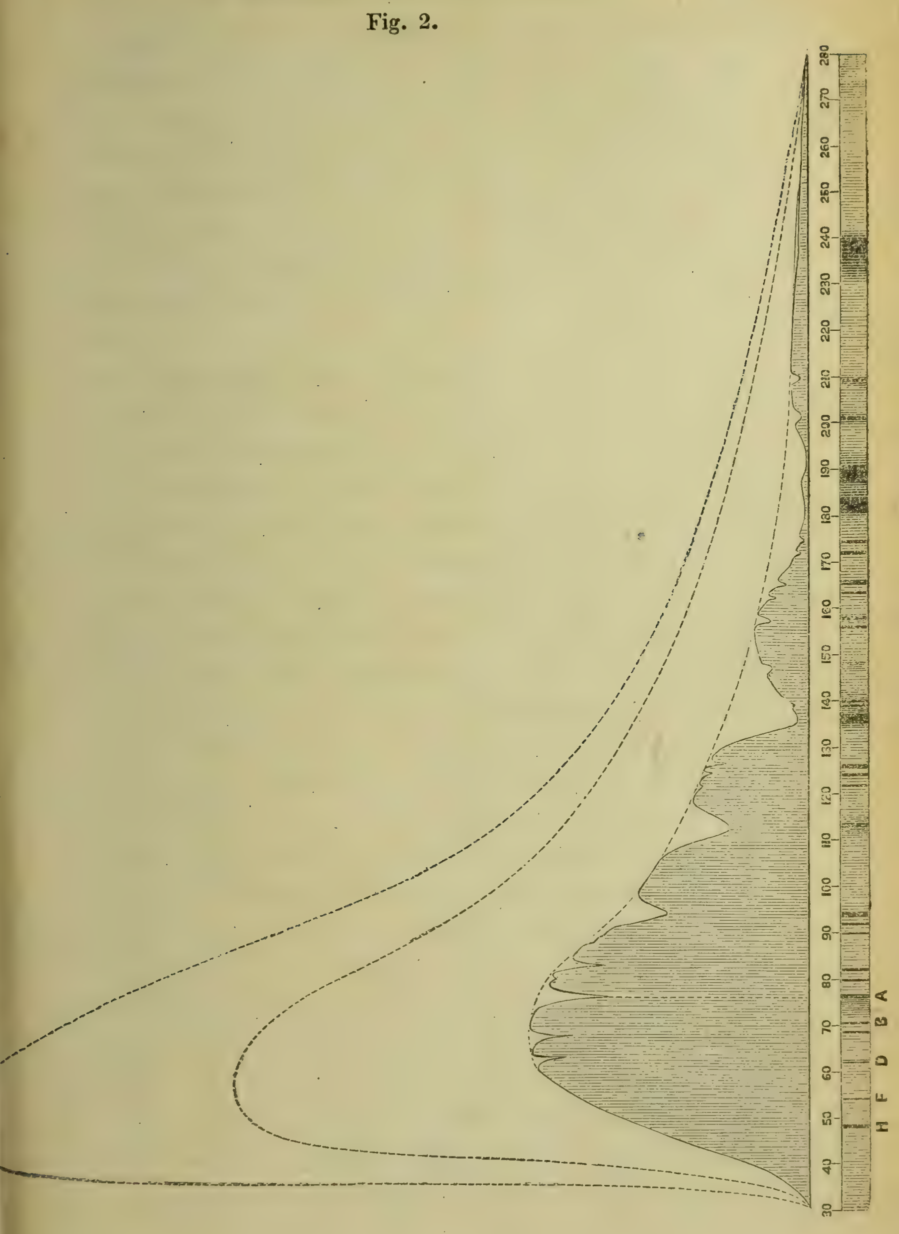


Fig. 2.


280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
A
B
D
F
H

sont formées de l'agglomération de raies fines. Quant à leur cause, il serait naturel de la chercher dans l'absorption que les observations de M. Tyndall assignent à la vapeur d'eau pour les rayons calorifiques. M. Langley a reconnu toutefois que ces bandes ne varient que peu avec l'inclinaison du soleil et à mesure que ses rayons traversent une plus grande couche de l'atmosphère terrestre; il semble donc que leur origine doive être cherchée dans le soleil même.

En répétant ces observations à différentes altitudes, particulièrement au sommet du mont Whitney (4800^{m}) dans la Californie méridionale, et comparant entre eux les résultats ainsi obtenus, M. Langley a cherché à éliminer l'action de l'atmosphère terrestre. Il représente, par la courbe intermédiaire de la figure 2, ce qu'est l'action calorifique du soleil à la limite de notre atmosphère, elle se caractérise par une forte augmentation de l'énergie calorifique à l'extrémité bleue du spectre, l'absorption de l'atmosphère terrestre s'exerçant avec une beaucoup plus grande intensité sur les rayons plus réfrangibles que sur les rayons moins réfrangibles.

Puis, par des procédés qu'il n'a pas encore décrits, M. Langley a comparé l'absorption que les rayons de différentes longueurs d'onde subissent à différentes profondeurs de l'atmosphère solaire, et il en conclut quelle est la distribution de l'énergie calorifique solaire dans les différentes parties du spectre à sa source même, à la surface de la photosphère. Il la représente par la courbe supérieure de la fig. 2. Il a reconnu qu'il existe une analogie remarquable entre l'absorption de l'atmosphère solaire et celle de l'atmosphère terrestre. Toutes deux vont dans le même sens, c'est-à-dire en augmentant con-

sidérablement vers les rayons les plus réfrangibles. D'où il résulte qu'à son point de départ la lumière solaire renferme une beaucoup plus forte proportion de rayons à courte longueur d'onde que lorsqu'elle nous arrive après ces absorptions successives. M. Langley déduit de ces considérations, présentées dès 1875 et pleinement confirmées par ses recherches ultérieures, que la photosphère solaire, au lieu d'être blanche comme la lumière qui nous arrive, offre en réalité une teinte non seulement bleuâtre, mais même franchement bleue, analogue à celle de la région spectrale voisine de F.

On le voit, cet important travail ouvre un champ nouveau à l'étude spectrale, laquelle arrive ainsi à comprendre 4 octaves entières : 1 octave dans l'ultra-violet de la raie 32 de l'aluminium, $\lambda=0^{mm},000185$ (Cornu) à $\lambda=0^{mm},000370$ voisinage de M, 1 octave dans le spectre visible jusqu'à $\lambda=0^{mm},000740$ près de A, enfin 2 octaves dans l'infra-rouge.

E. S.

PHOSPHOROGRAPHIE

DE LA

RÉGION INFRA-ROUGE DU SPECTRE SOLAIRE

LONGUEUR D'ONDE DES PRINCIPALES RAIES

PAR

M. Henri BECQUEREL [1]

Lorsque, dans une chambre obscure, on projette pendant quelques instants le spectre solaire sur un écran enduit d'une substance phosphorescente préalablement exposée à la lumière, et que l'on intercepte ensuite brusquement les rayons lumineux, on observe que, dans la région frappée par les radiations violettes et ultra-violettes, la phosphorescence a été rendue plus vive, tandis que dans la région rouge et infra-rouge la phosphorescence a été détruite; l'image de cette portion du spectre apparaît alors obscure, sur le fond lumineux de l'écran. Ces phénomènes ont été découverts depuis longtemps

[1] *Comptes rendus*, nº du 8 janvier 1883, tome XCVI, p. 121. L'article qui précède était déjà composé, lorsque nous avons reçu le numéro des *Comptes rendus* contenant l'article de M. Becquerel sur le même sujet; nous tenons à le reproduire ici pour le rapprocher immédiatement du travail de M. Langley. (*Réd.*)

par mon père, et lui ont permis de fixer dans le spectre infra-rouge la position de plusieurs raies et bandes, analogues aux raies obscures du spectre visible [1]. En répétant et variant ces expériences depuis plusieurs années, j'ai été conduit à diverses observations intéressantes, et en particulier à indiquer la position et la longueur d'onde de raies fines, dont un certain nombre me paraît avoir échappé jusqu'ici aux divers procédés d'investigation que l'on a appliqués à l'étude de cette région du spectre.

On sait que les méthodes thermoscopiques révèlent dans le spectre infra-rouge l'existence de divers maxima et minima. En 1847, MM. Fizeau et Foucault ont découvert notamment l'existence d'une bande froide, dont la longueur d'onde est $0^{mm},001445$, et je rappellerai que tout récemment M. Desains [2] a donné une description du spectre calorifique du Soleil, qui s'étend beaucoup au delà de la limite observable par les phénomènes de phosphorescence, et qui signale entre autres une dizaine de bandes paraissant répondre à celles qui seront indiquées plus loin. M. Langley [3], à l'aide de son bolomètre, a également donné un dessin très étendu du spectre calorifique, mais qui comprend seulement sept ou huit bandes dans la région qui fait l'objet du présent travail.

Les rayons rouges et infra-rouges agissent sur les substances phosphorescentes à la manière de la chaleur, en activant tout d'abord l'émission lumineuse et en faisant rendre à la substance, dans un temps plus court, la même somme de lumière qu'elle rendrait en un temps plus long

[1] *Comptes rendus*, t. LXXVII, p. 302 (1873), et t. LXXXIII, p. 249 (1876); *Archives*, 1876, t. LVII, p. 306.
[2] *Comptes rendus*, t. XCV, p. 434 (1882).
[3] Ibid., t. XCV, p. 482 (1882).

et avec une intensité moindre, si elle était à l'abri du rayonnement ou de l'influence calorifique. L'expérience indiquée plus haut présente deux phases : si l'influence spectrale a été de très courte durée, la région impressionnée apparaît tout d'abord plus lumineuse que le fond, et donne une image positive du spectre, avec des raies relativement obscures. Si l'impression est prolongée, elle épuise la phosphorescence de la région correspondante, qui s'éteint, et l'image du spectre apparaît obscure, avec des raies claires.

Généralement la seconde phase du phénomène est seule visible, notamment avec la blende hexagonale, qui peut donner d'une manière continue l'image négative du spectre. Les substances phosphorescentes à longue persistance offrent au contraire très nettement la première phase, et l'image positive ainsi obtenue présente une finesse de détails très remarquable. Je n'indiquerai pas ici les dispositions expérimentales très simples permettant d'étudier avec précision ces phénomènes : elles seront exposées dans un Mémoire qui sera publié prochainement.

Il y avait grand intérêt à varier la nature des écrans phosphorescents ; outre la blende hexagonale, j'ai fait usage de sulfures de strontium et de calcium, donnant diverses nuances par phosphorescence, et j'ai été conduit à observer que les images phosphorographiques étaient la superposition de l'image du spectre solaire, et de maxima et de minima d'extinction particuliers à chaque substance, occupant dans le spectre des régions variables avec chacune d'elles. Il est du reste facile de distinguer les raies fines du spectre, de ces maxima qui figurent de larges bandes où l'extinction est plus rapide que pour les

régions voisines, et que l'on reproduit avec des sources lumineuses diverses.

Je me suis proposé de déterminer les longueurs d'onde des raies que révèlent les phénomènes de phosphorescence, en projetant sur les substances dont il vient d'être question les spectres fournis par un réseau. Je dois à l'obligeance de M. Mascart d'avoir pu me servir d'un beau réseau sur métal de M. Rutherfurd, ainsi que d'un autre réseau tracé sur verre. Le premier inconvénient que l'on rencontre est que la région infra-rouge du premier spectre se superpose entièrement à la région ultra-violette et lumineuse du second spectre. On élimine ces rayons en interposant un verre rouge qui n'arrête pas les radiations infra-rouge étudiées.

Lorsqu'il a été possible de mettre en même temps au point les raies des deux spectres, on a profité de leur coïncidence pour en déduire les longueurs d'onde infra-rouges, en doublant les longueurs d'onde connues des raies de Fraunhofer. C'est ainsi qu'ont été déterminées avec le petit réseau, par transmission, les longueurs d'onde de deux raies, l'une $0^{mm},000976$, voisine de 2 F, l'autre $0^{mm},001098$, comprise entre 2 *b* et 2 D.

Avec le réseau par réflexion, la mise au point simultanée des deux spectres n'a pas été possible, et l'on a simplement relevé la position des raies infra-rouges sur l'écran phosphorescent, en interceptant la partie la plus réfrangible du second spectre. Les déviations correspondantes, et par suite les longueurs d'onde, ont été déterminées par un calcul trigonométrique dont les éléments pouvaient être mesurés directement, et se déduisaient du reste très exactement des relevés correspondant à trois raies de longueur d'onde connue, par exemple,

A, B et C. En raison de l'affaiblissement de l'intensité lumineuse, les mesures avec le réseau par réflexion n'ont pu s'étendre au delà de la longueur d'onde de 0,000918. En résumé, on a obtenu les nombres suivants :

RAIES		LONGUEUR D'ONDE	OBSERVATIONS	
		mm		
Groupe A.	A	0,0007604	(Fraunhofer.)	
	A_1^*	0,0007819		
	A_2	0,0007957		
	A_3^*	0,0008110	Très forte bande d'extinction.	Sulfure de calcium.
	A_4^*	0,0008360		
Groupe A'.	A'_0	0,0008630	Région lumineuse	
	A'^*_1	0,0008850		
	A'_2	0,0008980	Très forte bande d'extinction.	
	A'^*_3	0,0009180		
	A'_4	0,000949	(Interpolation.)	
	A'^*_5	0,000976		
	A'_6	0,001006	(Interpolation.)	
Groupe A''.	A''_0	0,001050	(Interpolation.)	
	A''^*_1	0,001098		
Groupe A'''.	A'''_0	0,001176	(Interpolation.)	
	A'''^*_1	0,001220[1]		
	A'''^*_2	0,001312	(Extrapolation.)	
	A^{IV}	0,001444		

[1] Ed. Becquerel. Très forte bande d'extinction pour la blende, bord très net du côté le moins réfrangible.

Les raies marquées d'un astérisque ont été observées en 1876 par mon père, qui a déterminé la longueur d'onde $0^{mm},001220$ par l'observation des bandes d'interférence qui fait naître dans le spectre une réflexion préalable des rayons lumineux sur une mince lame d'air.

En traçant avec soin une courbe donnant les longueurs d'onde pour les diverses positions dans le spectre, et en prolongeant cette courbe au delà de la raie A'''_1, qui répond au dernier nombre trouvé par expérience, on obtient les deux derniers nombres du tableau qui précède, dont le dernier offre la très curieuse coïnci-

dence d'être à très peu près la longueur d'onde de la bande froide déterminée par M. Fizeau.

Les faits nouveaux qui résultent des présentes recherches sont, outre la détermination des raies nouvelles du spectre solaire et de leur longueur d'onde, l'observation dans le spectre infra-rouge de maxima et de minima d'extinction propres aux diverses substances phosphorescentes, manifestés par des sources lumineuses diverses et analogues aux maxima et minima phosphorogéniques de l'autre extrémité du spectre.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

P. Tacchini. Observation de l'éclipse totale de Soleil du 17 mai 1882 à Sohage (Égypte). (*Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani*, septembre 1882.)

Plusieurs conclusions importantes sont déduites de l'observation faite à Sohage. près Assiout en Égypte, de l'éclipse de Soleil du 17 mai écoulé, par M. le professeur Tacchini.

Cette observation a donné une nouvelle occasion de signaler une supériorité présumée pour fixer les instants de contact en faveur du spectroscope. Vu à travers les prismes, le diamètre du Soleil paraît n'être pas amplifié comme lors de l'observation directe. C'est un sujet à élucider.

Un dessin détaillé des protubérances, fait avant l'éclipse par le moyen connu du spectroscope et de la raie C, a fait constater des différences considérables entre leurs apparences, ainsi perçues, et leurs formes vues directement pendant la phase de totalité. C'est dans une proportion énorme, variant de 2 $^1/_2$ à 5 fois, que la hauteur des jets chromosphériques doit être augmentée pour les assimiler, et leur largeur se trouve aussi notablement amplifiée. Le spectroscope ne fait donc connaître qu'une partie des émanations gazeuses de la couche hydrogénée qui entoure le Soleil, et les questions relatives à la nature des protubérances se trouvent ainsi rouvertes. Les positions des flammes roses observées pendant la totalité correspondaient fort bien avec les jets chromosphériques indiqués par le spectroscope; mais leurs dimensions et leurs formes étaient tout autres.

Les panaches lumineux, brillant dans la couronne solaire sans guère en dépasser le contour, se prolongeaient tous plus ou moins dans la direction du diamètre solaire d'où ils paraissaient émerger, et de l'autre côté du disque. On en comptait cinq couples de diverses grandeurs; mais on ne pouvait point établir de corrélation entre leurs positions et celles des groupes de protubérances visibles. La photographie n'a point réussi à les reproduire, malgré leur éclat. Les précautions nécessaires à cet effet n'ont probablement pas encore été prises, et des essais ultérieurs pourront être plus fructueux à cet égard, de même que pour les représentations des comètes et des nébuleuses.

M. Tacchini n'a vu aucune trace de spectre continu dans le voisinage immédiat de la photosphère, au moment où le disque lumineux allait disparaître derrière la Lune, ainsi que le P. Secchi l'avait signalé jadis. En revanche, il a constaté les raies inhérentes à la couronne jusqu'à une hauteur d'une minute au-dessus du bord lunaire. — Dix minutes avant la totalité, il a été frappé, ainsi que son confrère en observation, par l'apparition d'une superbe série de rayons irisés, jaillissant autour du disque lunaire et dont il est difficile de donner une idée, même par un dessin. La largeur de la couronne, dont l'apparence était celle d'anneaux lumineux concentriques, allant en diminuant d'éclat, pouvait avoir les deux tiers de la grandeur du diamètre de la Lune.

Enfin, la comète dont il a été fait mention dans les récits de l'éclipse, a aussi été aperçue, dessinée et fixée de position par notre auteur, à un degré à peine du Soleil du côté de l'occident sans que dès lors aucune observation en ait été faite. E. G.

PHYSIQUE.

JOHN TYNDALL. ACTION OF FREE MOLECULES ON RADIANT HEAT, AND ITS CONVERSION INTO SOUND. ACTION DES MOLÉCULES LIBRES SUR LA CHALEUR RAYONNANTE. (*Phil. Trans. of the Royal Society*, 1882, Part. I, p. 291-354.)

Dans ce nouveau mémoire, M. Tyndall résume d'abord

ses travaux antérieurs relatifs à l'absorption de la chaleur rayonnante par les gaz et les vapeurs. Chacun connaît ces recherches importantes, qui ont fait l'objet d'une série de mémoires et de notes publiés, de 1859 à 1866, dans le *Philosophical Magazine* et dans les *Proceeding de la Société Royale* principalement, et reproduits à la même époque dans la plupart des journaux scientifiques. (Voir en particulier *Archives*, 1861. X, 373; XII, 377; 1862. XIII, 260; XV, 20; 1863. XVI, 5; XVIII, 83; 1864. XIX, 133; 1866. XXVII, 94).

M. Tyndall faisait passer les rayons émanés d'une source de chaleur, et concentrés au besoin par un miroir parabolique ou une lentille de sel gemme, à travers un tube métallique recouvert intérieurement de noir de fumée, et fermé à ses deux extrémités par des lames de sel gemme. Au sortir du tube, le rayon tombait sur une pile thermo-électrique, dont la face postérieure recevait en même temps l'action d'une deuxième source de chaleur que l'on pouvait modérer à volonté. Après avoir fait le vide dans le tube, on pouvait grâce à cette disposition, et quelle que fût l'intensité du rayon incident, amener l'aiguille du galvanomètre au zéro, c'est-à-dire la placer dans ses conditions de plus grande sensibilité. Cela fait, on laissait pénétrer dans le tube le gaz ou la vapeur à étudier, et on déterminait son pouvoir absorbant par la déviation permanente que subissait l'aiguille.

M. Tyndall avait reconnu par ce procédé: 1° que les gaz et vapeurs présentent de grandes différences quant à leur faculté d'absorption pour la chaleur obscure, ce pouvoir étant faible ou insensible pour les gaz simples, et devenant au contraire très considérable pour certains composés, tels que le gaz oléfiant, par exemple. 2° Que la vapeur d'eau, en particulier, absorbe au moins soixante fois plus que l'air sec. 3° Que pour de faibles pressions du gaz en expérience, l'absorption est sensiblement proportionnelle à la densité, mais que son augmentation devient de moins en moins rapide à mesure que la pression s'accroît. 4° Que de faibles traces d'un gaz absorbant dans de l'air sec, suffisent à produire un effet sensible. 5° Qu'il y a parallélisme, au point de vue

des pouvoirs absorbants, entre les vapeurs et leurs liquides.

M. Tyndall avait contrôlé ces résultats par des expériences relatives aux pouvoirs émissifs des gaz et des vapeurs. Il échauffait ces substances, les laissait ensuite s'élever librement dans l'atmosphère, ou d'autres fois, dans une sorte de cheminée percée d'une ouverture latérale, et exposait sa pile thermo-électrique à leur rayonnement. Il arrivait ainsi à ranger les corps gazeux dans le même ordre, quant à leurs pouvoirs émissifs et quant à leurs pouvoirs absorbants.

La méthode de M. Tyndall et une partie de ses résultats, ceux en particulier qui sont relatifs à la vapeur d'eau, ont été vivement contestés par Magnus d'abord, que d'autres procédés expérimentaux avaient conduit à des conclusions différentes (*Pogg. Ann.*, Avril 1861). Dans quelques pages qui ne sont pas les moins intéressantes du mémoire dont nous cherchons à donner une idée, M. Tyndall raconte les diverses phases de cette discussion, les rapports personnels et les conversations qu'il eut à ce propos avec le savant de Berlin. Magnus attribuait l'absorption de chaleur observée par Tyndall non pas aux vapeurs elles-mêmes, mais à des couches liquides, résultant de la condensation de ces vapeurs sur les parois du tube ou sur les plaques de sel gemme. Et de même, il croyait que la chaleur recueillie dans les essais sur le pouvoir émissif était émise, non par la vapeur surchauffée et transparente, mais par un léger brouillard résultant de sa condensation. Tyndall répondait en montrant que ses plaques de sel gemme restaient complètement sèches et polies dans ses expériences, que l'absorption variait avec l'épaisseur de la colonne de vapeur interposée entre les plaques, que même en les supprimant complètement on arrivait à des résultats identiques, et enfin qu'un rayon de lumière intense ne révélait dans les colonnes gazeuses employées pour l'étude des pouvoirs émissifs aucune trace de brouillard ni de condensation quelconque (Voir à cet égard outre les articles cités plus haut, les traductions et compte rendus des mémoires de Magnus. *Archives* 1861, X, 186; 1861, XII, 97; 1863, XVIII, 50; 1866, XXVII, 89). Les objections de Magnus ayant été soulevées de nouveau par d'autres expérimenta-

teurs, et en particulier, par Buff[1] et par MM. Lecher et Pernter (voir *Archives*, avril 1881), M. Tyndall a repris en novembre 1880 de nouvelles recherches à cet égard.

Afin d'éliminer l'influence possible d'une condensation sur la surface intérieure du tube, il s'est arrangé de manière à supprimer toute réflexion des rayons sur cette surface, en prenant un tube plus large, en diaphragmant ses extrémités, et en employant un faisceau de rayons bien parallèles. Les parois, précédemment couvertes de noir de fumée, furent argentées et polies, afin de diminuer autant que possible leur rayonnement. Ce dispositif nouveau à conduit aux mêmes résultats que l'ancien.

Restait la condensation sur les lames de sel gemme; M. Tyndall plaçait une plaque de sel sur le trajet du rayon, à une distance suffisante de la pile, ramenait l'aiguille du galvanomètre au zéro, et faisait arriver sur la plaque des courants d'air chargés de diverses vapeurs. L'aiguille ne bougeait pas, d'où la conclusion que s'il y avait condensation des vapeurs, elle ne produisait aucune absorption appréciable.

S'étant ainsi mis l'esprit en repos sur l'importance à attribuer à ces objections, M. Tyndall a continué ses essais avec son appareil perfectionné. Ses principaux résultats sont les suivants :

1° Deux tubes de longueur différente, contenant une même vapeur sous des pressions inversement proportionnelles à ces longueurs, produisent la même absorption ; en d'autres termes, l'absorption ne dépend que de la quantité de vapeur traversée par le rayon. Ce fait a été vérifié avec différentes sources de chaleur pour l'éther sulfurique et l'hydrure d'amyle.

2° Une même quantité de matière produit toujours la même absorption, qu'on la prenne à l'état gazeux ou à l'état liquide. On introduisait dans le tube à expériences de la vapeur d'éther sulfurique, sous une pression telle qu'elle fut

[1] *Pogg. Ann.*, 1876, t. CLVIII, p. 177; *Philos. Mag.* 5me série, vol. IV, p. 401 ; *Archives*, 1876, LVII, 293; et pour la réponse de M. Tyndall, *Proc. roy. soc.*, vol. XXX, p. 10 et *Archives*, 1880, IV, 172.

équivalente à une lame d'éther liquide de même section et d'un millimètre d'épaisseur. On introduisait d'autre part de l'éther liquide dans une auge en sel gemme, dont les deux faces parallèles laissaient entre elles un vide d'un millimètre. En opérant avec les précautions nécessaires, on trouvait que l'absorption était la même dans les deux appareils.

Les anciens résultats de M. Tyndall ont encore été contrôlés par lui, au moyen de deux méthodes complètement différentes.

La première de ces méthodes consiste dans l'étude des sons plus ou moins intenses que peuvent rendre, suivant qu'elles sont plus ou moins absorbantes, les substances gazeuses placés dans un rayon de lumière intermittent. Nous avons déjà rendu compte (*Archives*, mars 1881) de cette partie des recherches de M. Tyndall.

La deuxième méthode, qui a de l'analogie avec celle de M. Röntgen (voir *Archives* 1881, V, 397), repose sur la mesure directe de la dilatation que les gaz éprouvent en absorbant de la chaleur. Les substances étudiées étaient placées dans un tube court, fermé par des plaques de sel gemme et communiquant avec un manomètre à liquide coloré. On faisait passer le rayon pendant une minute et on déduisait le pouvoir absorbant du gaz de l'augmentation de sa pression.

Les deux séries d'expériences effectuées sur plus de soixante-quinze vapeurs différentes ont complètement confirmé les résultats précédemment acquis.

Le dernier chapitre du mémoire de M. Tyndall est consacré à l'exposé des conséquences qui résultent de ses travaux pour la météorologie et la physique terrestre. C. S.

CHIMIE

A. Steinmann. Sur un sulfate basique de cuivre. (*Berichte*, XV, 1411.)

On obtient ce produit en chauffant pendant 30 minutes une dissolution saturée à froid de sulfate de cuivre à une

température de 240 à 250° dans des tubes scellés. — Ce composé se présente sous forme de croûtes d'un beau vert insolubles dans l'eau. Son analyse correspond à la formule $6\,CuO + 2\,SO^3 + 3\,H_2O$.

K. Heumann et P. Köchlin. Formation d'acides chlorés au moyen de l'acide chlorosulfurique. (*Berichte*, XV, 1114, Zurich.)

En traitant l'acide chlorosulfurique par l'eau, on obtient de l'acide chlorhydrique, ce que l'on peut interpréter en disant que le chlore de cet acide a remplacé l'hydrogène du groupe oxhydrile, dont on peut admettre l'existence dans l'eau. Les auteurs ont pensé que la même substitution pouvait se produire dans des cas analogues, et que l'on pouvait se servir de l'acide chlorosulfurique comme du perchlorure de phosphore. — Les auteurs ont, en effet, obtenu de cette manière, l'acide chlorochromique, mais le rendement est faible, cet acide étant décomposé lui-même par l'acide chlorosulfurique. On obtient aussi en petite quantité le chlorure de benzoïle par l'action de l'acide chlorosulfurique sur l'acide benzoïque ; par contre, comme Baumstark l'avait montré, on ne peut obtenir le chlorure d'acétyle par la réaction correspondante. On peut aussi obtenir la transformation de l'acide sulfobenzoïque en dérivé chloré par la même réaction.

H. de Niederhaüsern. Préparation de quelques éthers de la série aromatique. (*Berichte*, XV, 1119, Zurich.)

L'auteur a distillé un certain nombre de combinaisons des phénols avec le calcium. Le phénate de chaux lui a donné de l'oxyde de diphénylène et un peu de benzol. La réaction est la même pour les combinaisons correspondantes des naphtols. Un mélange de phénate et de métaphosphate de soude donné par la distillation sèche de l'oxyde de phényle:

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > O.$$

V. Meyer et H. Goldschmidt. Densité des gaz permanents a une haute température. (*Berichte*, XV, 1161, Zurich.)

La densité du cyanogène mesurée à diverses températures croissantes depuis 100° à 800°, est constante. A 1200° ce gaz se décompose. Ces déterminations ont été faites par la méthode décrite dans le même recueil, XV, 137.

V. Meyer et A. Jauny. Dérivés azotés de l'acétone. (*Berichte*, XV, 1164, Zurich. Suite, *Berichte*, XV, 1324.)

En traitant l'acétone chlorée dissymétrique représentée par la formule $CH^3—CO—CHCL^2$ par le chlorhydrate d'hydroxylamine, les auteurs ont obtenu des cristaux solubles dans l'eau et dans l'alcool, fondant à 115°. C'est un acide répondant à la formule

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CNOH \\ CHNOH \end{matrix}$$

et qu'ils nomment acide acétoximique. — La nitrosoacétone soumise au même traitement donne le même produit. — Si l'on prend de l'acétone ordinaire on obtient une substance neutre en cristaux très solubles et très volatils fondant vers 60°. C'est l'acétoxime. La constitution de ces produits n'est pas encore déterminée.

BOTANIQUE

J.-B. Schnetzler. Sur les rapports qui existent entre Palmella uvæformis et une Algue de l'ordre des Confervacées. (*Bull. de la Soc. vaudoise des sc. nat.*, vol. XVIII, nº 87, p. 115).

Au mois de mai (1881) j'observai dans un petit ruisseau, près de Lausanne, de petits corps arrondis, d'un vert clair, à surface bosselée; ils étaient attachés au fond et présentaient une consistance gélatineuse. Ces corps étaient formés par une petite algue unicellulaire (*Palmella uvæformis* Ktz.) dont les cellules globuleuses présentaient un diamètre d'environ 0,01 de millimètre. Elles étaient gélatinisées et réunies en colonies, accompagnées de nombreuses diatomées et de

cristaux de carbonate de calcium. Cette algue fut placée dans un verre contenant environ 5 centilitres d'eau de fontaine. Outre ces colonies de *Palmella*, l'eau ne renfermait pas trace d'autres algues vertes. Le verre était couvert d'un verre de montre.

Deux jours après il sortait de ces colonies gélatinisées de *Palmella*, des zoospores qui, après avoir vivement nagé dans l'eau, allaient se fixer sur les parois du verre où elles formaient un enduit vert. Ces zoospores commençaient bientôt à germer et produisaient des algues vertes aux filaments ramifiés dont les cellules étaient d'abord cylindriques, un peu allongées, avec des excroissances latérales. Des algues tout à fait identiques se développaient directement des cellules gélatinisées de *Palmella*.

Lorsque l'eau, qui contenait ces algues, s'était évaporée jusqu'à un centilitre environ, les cellules de ces algues qui présentaient tous les caractères des Confervacées, prenaient une forme globuleuse et en se détachant elles formaient de nouvelles colonies gélatinisées de *Palmella*. Cette transformation eut lieu à la fin d'août et au commencement de septembre.

Cienkowski [1] a observé qu'une algue du genre *Stigeoclonium* produit des cellules gélatinisées qui, groupées en colonies, forment une Palmella. Famintzin en concentrant la solution des sels inorganiques du liquide nourricier réussit à produire la désagrégation d'un Stigeoclonium et d'une autre confervacée en cellules de *Protococcus*. Les observations nombreuses de Cienkowski appuient l'opinion déjà émise par Kützing et d'autres, que les *Palmella*, *Protococcus*, *Pleurococcus*, ne sont que des phases du développement de différentes algues confervacées.

L'observation que je viens de citer complète celles de Cienkowski. Le savant botaniste russe a vu une confervacée se transformer en Palmella, tandis que moi j'ai observé la transformation d'une Palmella en Confervacée [2].

[1] Inst. bot. Jahresbericht, 1876, 42-48.

[2] Stigeoclonium ou une forme voisine.

Le petit fossé dans lequel j'ai trouvé *Palmella uvæformis* est tantôt rempli d'eau courante ou stagnante, tantôt complètement à sec. Les métamorphoses que subissent les algues qu'il renferme leur permettent de s'adapter aux différents régimes que présente leur milieu ambiant. La présence des cristaux de carbonate de calcium indiquant une forte concentration de ce sel calcaire dans le liquide nourricier ambiant, aurait pu contribuer, d'après les observations de Famintzin, à la désagrégation de l'algue confervacée en Palmella.

Sur le nombre des plantes Phanérogames en Europe et dans le nord de l'Amérique.

M. Nyman vient de publier le dernier fascicule de son *Conspectus floræ europeæ.* D'après le résumé statistique par familles, p. 847, il a énuméré 9395 espèces. Comme il envisage les groupes spécifiques d'une manière en quelque sorte moyenne entre les extrêmes de division et réunion, ce chiffre est une donnée utile pour comparer avec d'autres flores.

Au même moment, le Dr Asa Gray, dans un article intéressant de l'*American journal of science* (novembre 1882), estime à 10 ou 12,000 le nombre des Phanérogames et Fougères de l'Amérique septentrionale, jusqu'aux limites actuelles des États-Unis. Il ne donne pas d'estimation pour les Phanérogames seules, mais on peut supposer 10 à 11,000. Dans ce calcul, de même que dans celui de Nyman, se trouvent les espèces vraiment naturalisées, d'origine étrangère. Pour une bonne comparaison, il faudrait retrancher de la flore américaine les espèces tropicales de la Floride, ce qui rapprocherait encore les chiffres admis pour les deux flores. Celle d'Europe comprend trois régions bien distinctes : arctique, tempérée et de la Méditerranée. Celle du nord de l'Amérique, double en surface, se compose de quatre flores : arctique, tempérée orientale, tempérée centrale et tempérée occidentale (Californie), ces dernières passant par des degrés insensibles à la flore du Mexique. De vastes étendues dans le nord et au centre sont presque des déserts, ayant une végétation

pauvre et uniforme. Cependant lorsqu'on réfléchit à la quantité d'espèces découvertes depuis quelques années et au défaut d'explorations attentives dans plusieurs districts de Californie et des États voisins du Mexique, il semble assez probable que le chiffre de 11,000 sera atteint ou même dépassé.

Hauck. Die Meeresalgen. Les Algues marines.

Les fascicules 2 et 3 de cette publication, qui viennent de paraître, concernent les Floridées. Ils appartiennent à l'ouvrage plus étendu intitulé : *Rabenhorst, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Œsterreich und der Schweiz.* Les descriptions, en allemand, de chaque espèce, et la synonimie sont faites avec soin. Beaucoup de figures, tantôt originales et tantôt copiées sont intercalées dans le texte, ce qui facilite les déterminations. Le nombre des Algues marines d'Allemagne, Autriche et Suisse, est singulièrement élevé, à cause de l'introduction des espèces de la mer Adriatique. L'auteur n'admet pas que la géographie botanique soit liée étroitement avec la géographie physique, non avec la géographie politique. Dans cette manière de voir, les plantes de Gibraltar, du Cap, de l'Australie, etc., devraient figurer dans les flores d'Angleterre !

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

ET RÉDUITES PAR

M. A. KAMMERMANN, astronome-adjoint.

MOIS DE DÉCEMBRE 1882.

Le 2, forte bise depuis 10 h. du matin.
3, neige l'après-midi.
4, fort vent toute la journée.
5, fort vent jusqu'à 10 h. du matin; neige le soir
6, très fort vent vers 3 h. m.
7, neige dans le journée ; hauteur de la neige tombée 4cm.
9, neige l'après-midi ; id. 3cm,5.
10, neige dans la nuit et dans la journée ; hauteur 20cm.
11, brouillard depuis midi.
13, brouillard le matin, grésil à 2 h. du soir.
14, brouillard dans la journée.
15, brouillard tout le jour.
16, id.
17, id.
18, id.
19, id.
20, id.
21, brouillard jusqu'à 4 h. du soir.
23, très fort vent dans la nuit ; fort vent dans la journée ; neige le soir.
24, neige dans la nuit et dans la journée ; hauteur 4cm.
25, brouillard le matin, neige l'après-midi.
26, très fort vent jusqu'à 10 h. matin ; fort vent dans la journée.
27, fort vent le matin.
29, gelée blanche le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 2 à 10 h. soir	728,01
9 à 10 h. matin	724,12
17 à 10 h. matin	729,22
20 à 10 h. matin	735,69
25 à 10 h. matin	727,19
28 à 10 h. matin	730,47
31 à 10 h. matin	732,31

MINIMUM.

	mm
Le 7 à 6 h. matin	705,28
10 à 2 h. soir	716,22
18 à 8 h. soir	723,57
23 à 6 h. matin	714,01
26 à 2 h. soir	722,83
29 à 4 h. soir	726,36

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	722,26	— 4,48	+ 0,67	— 1,58	— 0,6	+ 2,4	3,90	—0,68	820	— 30	690	980	0,3	1	NE. 1	0,59	+ 6,7	— 1,2	163,0
2	725,16	— 1,62	— 1,40	— 3,52	— 3,9	+ 0,6	3,10	—1,44	761	— 90	680	860	...	...	NE. 2	0,42	6,7	— 1,2	160,1
3	725,34	— 1,48	— 2,25	— 4,25	— 4,5	+ 0,3	3,17	—1,33	811	— 41	660	910	4,0	4	SO. 1	1,00	...	...	159,0
4	714,34	—12,52	+ 6,32	+ 4,44	+ 0,2	+10,8	6,06	+1,59	822	— 30	680	910	14,1	12	SSO. 2	1,00	7,1	— 0,5	153,5
5	711,44	—15,46	+ 4,09	+ 2,33	+ 1,9	+ 7,0	4,41	—0,02	719	—134	550	870	0,9	2	SSO. 1	0,92	6,7	— 0,8	158,7
6	711,14	—15,80	+ 3,30	+ 1,65	+ 0,9	+ 7,1	4,04	—0,36	709	—145	480	960	4,7	4	SSO. 1	0,84	6,8	— 0,6	162,2
7	707,91	—19,07	+ 0,22	— 1,32	— 2,3	+ 3,7	4,33	—0,04	925	+ 71	760	990	11,0	14	SSO. 1	0,82	6,7	— 0,6	162,8
8	718,81	— 8,21	+ 0,27	— 1,16	— 3,9	+ 6,6	3,30	—1,04	741	—114	490	890	...	...	variable	0,02	6,8	— 0,4	160,1
9	722,72	— 4,34	— 1,27	— 2,59	— 2,9	+ 1,7	3,68	—0,63	869	+ 13	720	1000	...	...	SO. 1	0,81	6,6	— 0,5	159,2
10	717,01	—10,09	— 0,18	— 1,40	— 1,0	+ 1,7	4,42	+0,14	959	+103	840	1000	14,7	18	SSO. 1	1,00	...	...	156,0
11	717,52	— 9,62	+ 0,84	— 0,28	— 0,7	+ 2,7	4,53	+0,27	921	+ 64	810	990	...	...	SSO. 1	1,00	6,7	— 0,3	157,5
12	720,26	— 6,92	— 0,15	— 1,17	— 2,3	+ 5,5	3,80	—0,43	843	— 15	500	1000	...	...	ESE. 1	0,64	6,6	— 0,3	155,0
13	721,61	— 5,61	— 0,46	— 1,39	— 3,3	+ 5,4	4,08	—0,13	902	+ 44	570	970	5,3	4	SSO. 1	0,98	7,1	+ 0,3	154,0
14	723,06	— 4,20	+ 0,43	— 0,41	— 0,8	+ 1,5	4,78	+0,59	990	+131	980	1000	1,0	1	SO. 1	0,94	7,1	+ 0,4	153,5
15	726,91	— 0,39	+ 0,79	+ 0,04	— 0,2	+ 2,2	4,95	+0,78	1000	+141	1000	1000	0,9	2	SO. 1	1,00	7,2	+ 0,6	149,0
16	726,96	— 0,38	+ 1,06	+ 0,39	+ 0,1	+ 2,4	5,01	+0,86	998	+138	980	1000	...	...	SSE. 1	1,00	7,2	+ 0,7	148,5
17	728,38	+ 1,01	+ 0,49	— 0,10	— 0,2	+ 1,4	4,82	+0,69	1000	+140	1000	1000	0,4	2	SSE. 1	1,00	...	...	149,0
18	724,80	— 2,61	— 0,04	— 0,55	— 0,7	+ 1,0	4,63	+0,51	995	+134	980	1000	...	...	ESE. 1	1,00	7,3	+ 0,9	145,5
19	728,60	+ 1,15	— 0,66	— 1,10	— 1,0	+ 0,9	4,36	+0,26	987	+126	950	1000	...	...	SE. 1	1,00	7,2	+ 0,9	144,0
20	734,90	+ 7,42	— 1,89	— 2,26	— 2,7	— 0,6	4,04	—0,05	999	+137	990	1000	...	...	variable	1,00	7,2	+ 1,0	141,7
21	733,41	+ 5,89	— 1,80	— 2,10	— 3,6	+ 3,8	3,97	—0,11	972	+110	770	1000	5,0	5	SO. 1	1,00	6,9	+ 0,7	139,5
22	725,50	— 2,06	+ 3,66	+ 3,42	+ 1,9	+ 7,9	5,41	+1,34	902	+ 39	720	980	5,6	6	SO 1	0,91	7,3	+ 1,2	140,2
23	716,56	—11,03	+ 3,53	+ 3,35	+ 0,3	+ 6,1	4,73	+0,67	825	— 38	580	1000	15,5	14	variable	0,97	7,4	+ 1,4	140,5
24	723,12	— 4,50	+ 0,55	+ 0,43	— 0,5	+ 3,9	4,34	+0,29	908	+ 45	770	1000	3,3	8	SSE. 1	0,93	...	...	144,0
25	726,12	— 1,53	+ 0,73	+ 0,66	— 2,0	+ 6,7	4,81	+0,77	951	+ 87	850	1000	8,5	12	SE. 1	0,99	7,2	+ 1,3	144,5
26	723,79	— 3,89	+ 8,83	+ 8,81	+ 6,7	+12,0	6,90	+2,86	815	— 49	710	930	11,6	14	SSO. 2	1,00	7,2	+ 1,4	149,1
27	727,68	— 0,03	+10,97	+11,00	+ 8,7	+12,5	7,98	+3,95	808	— 56	740	850	23,5	17	SSO. 1	1,00	7,3	+ 1,5	156,8
28	729,71	+ 1,98	+ 9,29	+ 9,36	+ 7,0	+15,6	7,80	+3,77	884	+ 19	750	970	0,3	1	variable	0,50	7,4	+ 1,7	167,0
29	727,36	— 0,40	+ 5,78	+ 5,89	+ 1,7	+12,8	5,88	+1,85	840	— 25	720	970	...	...	SSO. 1	0,21	7,4	+ 1,7	170,2
30	730,33	+ 2,55	+ 7,63	+ 7,78	+ 3,9	+14,0	5,77	+1,75	738	—127	560	850	...	...	variable	0,49	7,4	+ 1,8	174,0
31	731,68	+ 3,88	+ 7,03	+ 7,21	+ 6,2	+ 8,7	6,60	+2,58	876	+ 11	730	990	10,7	10	variable	0,95	...	...	171,0

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1882.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	717,20	717,64	718,10	717,74	717,42	717,50	717,71	717,74	717,59
2e »	724,65	725,14	725,74	725,29	725,11	725,44	725,75	725,99	726,29
3e »	726,76	727,14	727,66	727,09	726,45	726,40	726,42	726,67	726,69
Mois	723 00	723,43	723,96	723,49	723,11	723,22	723,39	723,57	723,63
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 0,78	+ 0,52	+ 1,68	+ 2,25	+ 2,71	+ 1,68	+ 0,97	+ 1,24	+ 0,42
2e »	— 0,70	— 0,58	+ 0,11	+ 1,36	+ 1,50	+ 0,68	+ 0,34	+ 0,29	+ 0,10
3e »	+ 4,25	+ 4,04	+ 5,10	+ 6,92	+ 6,92	+ 5,91	+ 5,10	+ 5,28	+ 6,02
Mois	+ 1,54	+ 1,42	+ 2,39	+ 3,62	+ 3,81	+ 2,86	+ 2,23	+ 2,36	+ 2,31
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,08	4,05	4,21	4,04	4,13	4,03	3,96	3,98	4,05
2e »	4,32	4,37	4,44	4,45	4,76	4,75	4,59	4,58	4,47
3e »	5,51	5,56	5,77	6,01	5,96	5,88	5,84	5,97	6,24
Mois	4,67	4,69	4,84	4,87	4,98	4,92	4,83	4,88	4,96
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	830	831	793	733	747	778	802	812	868
2e »	988	987	956	891	934	985	971	975	961
3e »	878	890	856	794	793	829	894	887	879
Mois	898	902	868	805	824	863	889	891	902

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 1,61	+ 4,19	0,74	+ 6,76	49,7	159,46
2e »	— 1,18	+ 2 24	0,96	+ 7,07	7,6	149,77
3e »	+ 2,75	+ 9,45	0,81	+ 7,28	84,0	154,25
Mois	+ 0,08	+ 5,43	0,84	+ 7,05	141,3	154,49

Dans ce mois, l'air a été calme 0,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,26 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 14°,0 O. et son intensité est égale à 48,57 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1882.

Le 1er, forte bise toute la journée; neige le matin, brouillard depuis 10 h. du matin.
2, forte bise toute la journée.
4, neige jusqu'à 6 h. du soir par un très fort vent, qui en enlève une grande partie.
5, brouillard et très fort vent le matin; neige dans la journée.
6, neige par un fort vent le matin.
7, id. ; brouillard de midi à 2 h. du soir.
9, neige et fort vent l'après-midi.
10, fort vent le matin; neige dans la journée.
11, forte bise le soir.
12, brouillard depuis 8 h. du matin.
13, neige dans la nuit du 12 au 13; brouillard toute la journée; forte bise le soir.
14, brouillard toute la journée.
15, brouillard par un fort vent depuis 10 h. du matin.
17, brouillard le matin et le soir.
18, neige dans la nuit du 17 au 18; brouillard toute la journée par un fort vent.
19, brouillard le matin.
22, neige le matin et le soir; forte bise dans la journée.
23, neige toute la journée; une grande partie est enlevée par le vent; très fort vent jusqu'à 10 h. du matin; une très forte bise lui succède.
24, brouillard toute la journée par une forte bise; neige par intervalle; elle est emportée par la bise.
25, neige l'après-midi.
26, neige le matin et le soir; très forte bise dans la journée.
27, neige jusqu'à 6 h. du soir; forte bise toute la journée.
28, brouillard le matin.
31, neige l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. matin	558,47	Le 7 à 6 h. matin	546,17
9 à 10 h. matin	558,15	11 à 6 h. matin	551,55
17 à 10 h. matin	565,10	18 à 8 h. soir	561,66
20 à 10 h. matin	569,02	23 à 8 h. matin	548,87
28 à 8 h. matin et 6 h. soir	566,34	29 à 6 h. soir	564,93
31 à 10 h. matin	568,35		

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1882.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum des 9 observat.	Température C. Maximum des 9 observat.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	553,49	— 8,46	552,90	554,47	—13,22	— 6,50	—15,0	—11,7	130	2,9	....	NE 2	1,00
2	554,49	— 7,44	552,75	556,68	—16,21	— 9,41	—16,8	—14,7	.....	.....	....	NE. 2	0,02
3	557,69	— 4,22	557,33	558,47	— 6,32	+ 0,56	— 8,2	— 4,6	.....	.....	....	variable	0,86
4	552,81	— 9,08	551,08	555,40	— 4,77	+ 2,19	— 6,8	— 2,8	400	19,0	....	SO. 2	0,87
5	548,06	—13,81	547,82	548,35	—10,11	— 3,07	—12,8	— 7,7	70	2,2	....	variable	0,60
6	547,76	—14,09	547,17	548,07	—10,52	— 3,40	—11,4	— 8,7	150	3,9	....	NE. 1	0,76
7	547,31	—14,51	546,17	549,26	—10,71	— 3,50	—11,3	— 9,6	140	3,5	....	variable	0,79
8	553,89	— 7,91	552,15	555,63	—12,75	— 5,46	—14,0	—10,4	.....	.....	...	NE. 1	0,10
9	556,93	— 4,85	555,72	558,15	—11,68	— 4,31	—14,8	— 9,7	100	4,6	....	SO. 2	0,82
10	552,37	— 9,39	551,56	553,87	— 6,08	+ 1,36	— 7,4	— 4,8	90	3,2	....	variable	0,70
11	552,36	— 9,38	551,55	553,45	— 8,53	— 1,02	— 8,6	— 7,8	.....	....	....	NE. 1	0,60
12	556,79	— 4,93	554,54	558,87	— 7,56	+ 0,02	— 9,2	— 5,9	.....	.....	....	NE. 1	0,91
13	560,13	— 1,57	559,57	560,34	— 4,79	+ 2,86	— 5,2	— 3,8	320	18,0	....	NE. 1	1,00
14	562,00	+ 0,32	560,96	563,43	— 3,34	+ 4,38	— 4,1	— 2,4	.....	....	....	NE. 1	0,97
15	563,83	+ 2,17	563,62	564,06	— 2,36	+ 5,42	— 2,8	— 1,5	.....	.....	....	SO. 2	0,97
16	564,31	+ 2,67	564,13	564,61	— 3,98	+ 3,86	— 5,4	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,84
17	564,74	+ 3,11	564,54	565,10	— 6,68	+ 1,22	— 9,7	— 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,52
18	562,32	+ 0,71	561,66	564,05	— 4,76	+ 3,20	— 4,8	— 4,2	190	11,0	....	SO. 2	0,99
19	565,35	+ 3,76	562,74	567,22	— 4,97	+ 3,05	— 6,4	— 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,27
20	568,60	+ 7,03	567,92	569,02	— 5,47	+ 2,61	— 6,7	— 4,2	.....	....	....	NE. 1	0,01
21	566,78	+ 5,22	564,74	568,40	— 4,53	+ 3,60	— 5,3	— 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,41
22	558,78	— 2,77	555,51	561,16	— 7,62	+ 0,56	— 8,6	— 6,5	150	7,3	....	NE. 2	0,79
23	550,13	—11,40	548,87	551,29	—10,33	— 2,10	—12,6	— 6,8	160	7,4	....	NE. 3	1,00
24	553,95	— 7,56	551,44	556,80	—13,81	— 5,53	—13,8	—13,0	.....	.....	....	NE. 2	1,00
25	559,02	— 2,47	558,33	559,47	— 8,04	+ 0,29	—13,4	— 3,4	250	22,0	....	NE. 1	0 96
26	559,90	— 1,57	558,77	561,02	— 3,49	+ 4,88	— 4,0	— 2,6	240	23,1	....	NE. 2	0,97
27	564,40	+ 2,94	562,63	565,81	— 1,12	+ 7,29	— 2,2	+ 0,3	260	20,2	....	NE. 2	0,97
28	566,19	+ 4,75	565,93	566,34	— 3,08	+ 5,37	— 3,8	— 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,20
29	565,24	+ 3,82	564,93	565,77	— 1,96	+ 6,53	— 3,2	— 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,18
30	565,93	+ 4,53	565,33	566 92	— 2,43	+ 6,10	— 4,3	— 0,5	.. ..	.....	....	NE. 1	0,21
31	567,91	+ 6,53	567,21	568,35	— 0,33	+ 8,24	— 2,1	+ 1,7	180	20,0	....	NE. 1	0,79

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1882.

	6h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	552,55	552,56	552,72	552,47	552,24	552,31	552,47	552,54	552,63
2e »	561,39	561,61	561,92	561,84	561,98	562,13	562,33	562,61	562,73
3e »	561,48	561,63	562,04	561,74	561,44	561,40	561,62	561,79	561,94
Mois	558,55	558,70	558,99	558,79	558,67	558,70	558,90	559,07	559,19
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—10,71	—10,19	— 9,20	— 8,97	— 9,13	— 9,97	—10,53	—10,66	—10,51
2e »	— 5,77	— 5,64	— 5,01	— 4,66	— 4,41	— 4,59	— 4,91	— 4,96	— 5,01
3e »	— 5,83	— 5,27	— 4,92	— 4,36	— 4,33	— 4,62	— 4,86	— 4,99	— 4,98
Mois	— 7,38	— 6,98	— 6,33	— 5,95	— 5,90	— 6,33	— 6,71	— 6,81	— 6,77

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	—11,85	— 8,47	0,65	39,3	1080
2e »	— 6,29	— 4,16	0,71	29,0	510
3e »	— 6,66	— 3,27	0,68	100,0	1240
Mois	— 8,22	— 5,24	0,68	168,3	2830

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 71,7 sur 100.

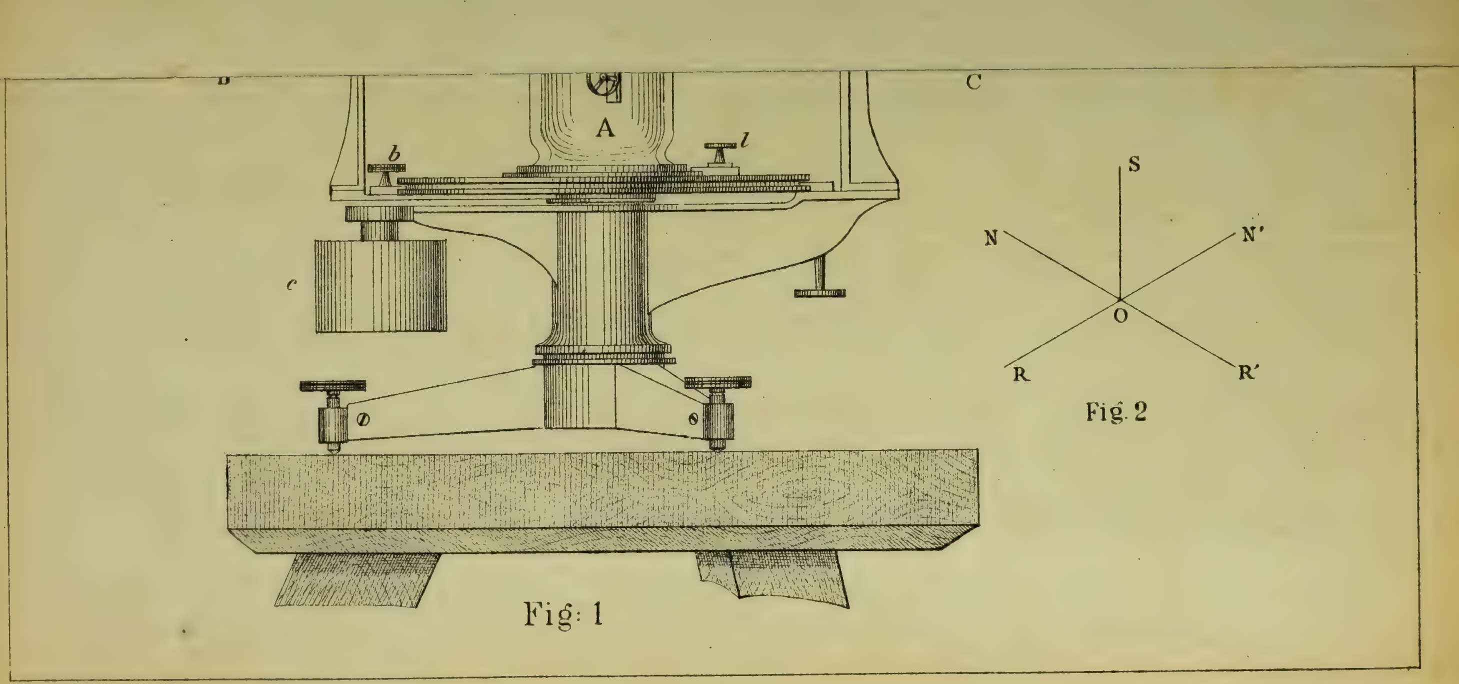


Fig: 1

Fig. 2

Fig: 1

Fig. 2

Fig. 3.

Fig. 4

Fig. 5.

Fig. 6.

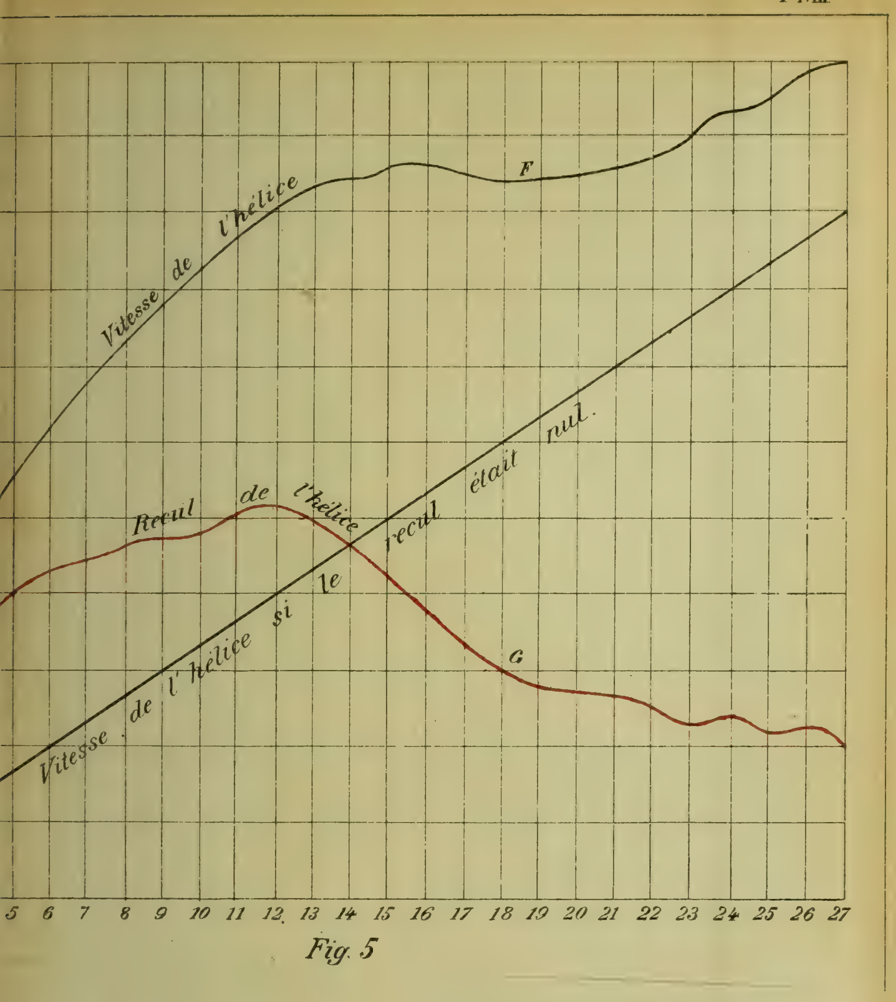
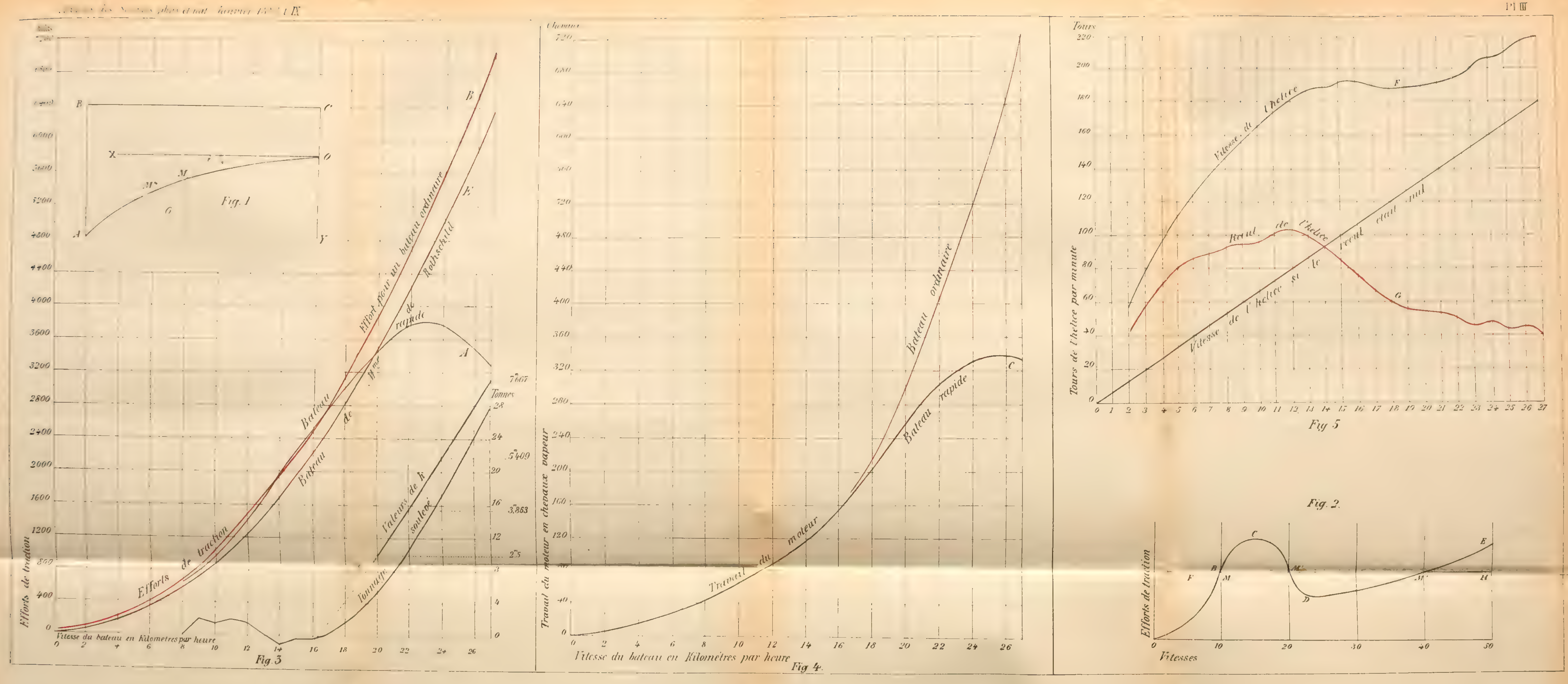
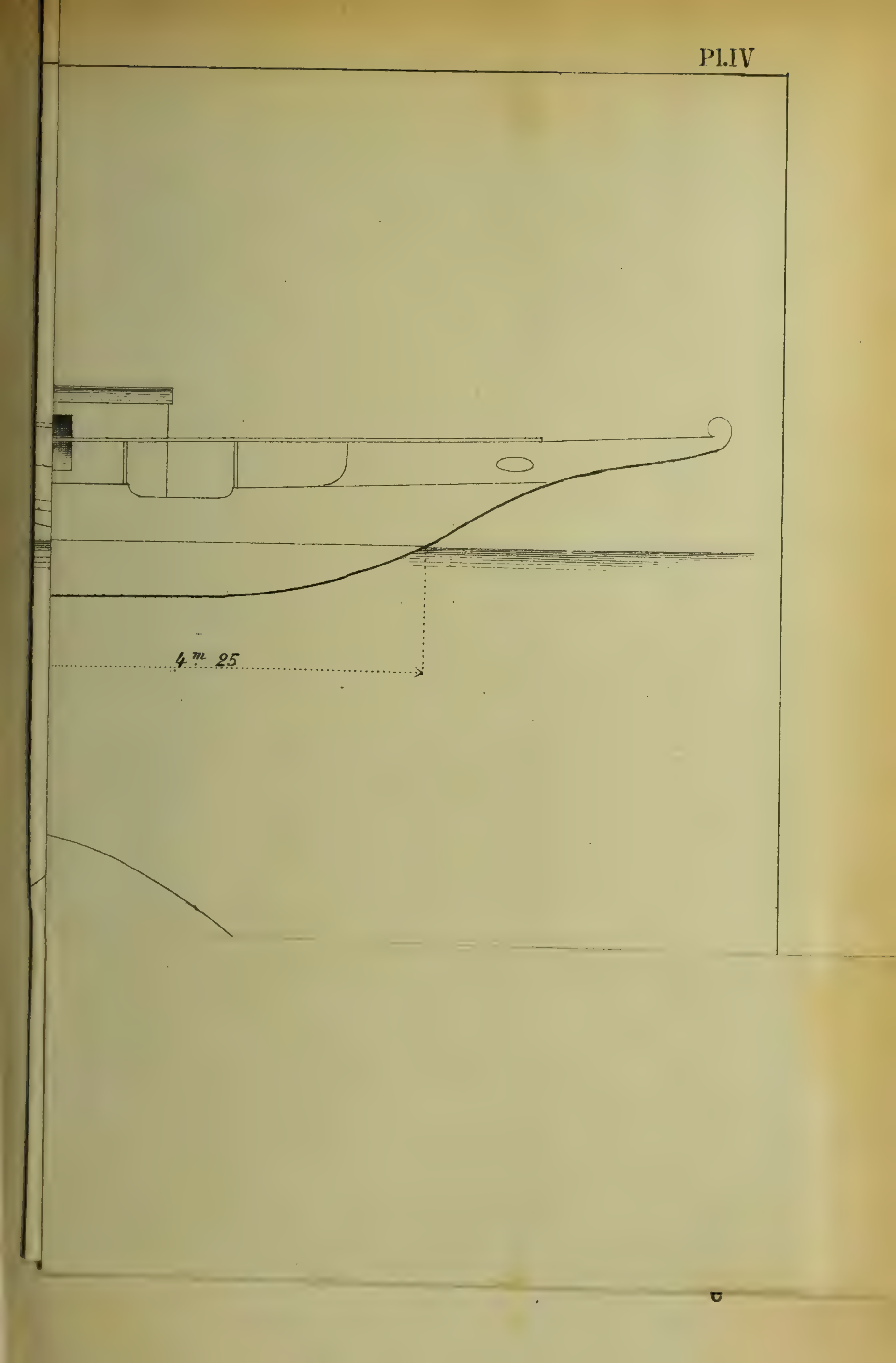

Vitesse de l'hélice
F
Recul de l'hélice
Vitesse de l'hélice si le recul était nul.
G
5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

Fig. 5


Fig. 1
Fig. 3
Efforts de traction
Efforts de traction
Effort pour un bateau ordinaire
Rothschild
Bateau de M.me rapide
Bateau
Valeurs de k
Tonnage soulevé
Tonnes
Vitesse du bateau en Kilomètres par heure
Fig. 4
Chevaux
Travail du moteur en chevaux vapeur
Bateau ordinaire
Bateau rapide
Travail du moteur
Vitesse du bateau en Kilomètres par heure
Fig. 5
Tours
Tours de l'hélice par minute
Vitesse de l'hélice
Recul de l'hélice
Vitesse de l'hélice si le recul était nul
Fig. 2
Efforts de traction
Vitesses

Pl.IV



Coupe de la Chambre de Chauffe

Élévation

Coupe de la Cabine

Plan

SUR LES

CONDENSATEURS ÉLECTROLYTIQUES

PAR

M. C.-E. GUILLAUME

L'électrolyse peut être discutée au point de vue de la conservation de l'énergie. Nous trouvons alors que, pour qu'une substance puisse être décomposée par le courant, la force électro-motrice employée, c'est-à-dire la différence entre les potentiels des électrodes, doit être au moins l'équivalent de la différence des quantités de chaleur dépensées et gagnées par l'électrolyse. Par exemple, l'électrolyse du sulfate de cuivre entre des électrodes de platine exige pour se produire une force électro-motrice voisine de 1,2 Daniell.

Si l'on charge les électrodes avec une différence de potentiel inférieure à celle-là, la cellule agira comme condensateur; on pourra la charger et la décharger comme une bouteille de Leyde.

La propriété la plus frappante de ces condensateurs est leur immense capacité.

Ils ont été employés déjà par plusieurs physiciens, mais leurs propriétés sont encore peu connues.

Je reçus de M. le professeur H.-F. Weber, auquel je

prends la liberté d'exprimer ici toute ma reconnaissance, la mission de poursuivre leur étude et en particulier de faire ressortir les différences entre eux et les condensateurs diélectriques; je résume ici les résultats de mes expériences.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

Les premières recherches expérimentales directes sur l'objet qui nous occupe furent entreprises par M. Varley [1]. Il opéra avec des électrodes de platine plongeant dans de l'acide sulfurique dilué, et trouva que, si l'on augmente le potentiel de 0,02 à 1,6 Dan., la capacité par pouce carré de la surface des électrodes augmente de 175 à 542 microfarads; il explique l'action de la cellule en disant que, entre le liquide et les électrodes se trouve une couche très mince ($3^{mm},10^{-8}$) d'un gaz qu'il ne définit pas; d'après lui, l'épaisseur de cette couche diminue lorsque le potentiel augmente.

Clerk Maxwell, dans son livre classique *A Treatise on Electricity and Magnetism,* établit une comparaison entre la batterie secondaire et la bouteille de Leyde (1re édit., 1873, art. 271); il cite les expériences de M. Varley, mais n'établit pas une différence de principe entre le condensateur électrolytique et la batterie secondaire; il dit même (art. 258) que, dans une cellule, un courant opposé au courant primaire est une preuve certaine d'une décomposition électrolytique.

[1] « Proceedings of the Royal Society. » 12 janvier 1871 (présenté par Sir W. Thompson).

Nous trouvons ensuite une recherche de M. Helmholtz, consignée dans un article intitulé : « Sur la polarisation électrique dans des liquides privés de gaz [1]. » L'auteur montre d'abord avec toute la clarté qui le caractérise qu'un courant électrique entretenu même par une différence de potentiel minime, peut traverser une cellule électrolytique placée dans des conditions apparemment analogues à celles de la cellule-condensateur, sans conduction métallique, et sans qu'il y ait contradiction avec la loi de la conservation de l'énergie. Il suffit pour cela que le liquide et les électrodes contiennent une certaine quantité de gaz produisant l'électrolyse. Il s'exprime comme suit sur la cause de la condensation : « Si, d'après la représentation ordinaire, on se figure que l'oxygène chargé négativement et l'hydrogène chargé positivement, s'approchent respectivement des électrodes opposées, mais de telle manière qu'un échange d'électricité ne soit pas possible, alors une quantité correspondante d'électricité de signe contraire pourra s'amasser sur l'électrode et chacune d'elles formera avec le liquide voisin un condensateur d'épaisseur infime et partant d'une énorme capacité. » Cette explication est simple et claire ; cependant, il est possible d'y faire une objection de détail sur laquelle je reviendrai à propos des résultats de mes expériences.

Puis vient un mémoire de Herwig « Sur la signification de la polarisation pour la manière dont les liquides se comportent électriquement [2]. » M. Colley et Blondlot ont

[1] « Ueber electrische Polarisation in gasfreien Flüssigkeiten. » *Berliner Berichte*, 21. Juli, 1873.

[2] « Ueber die Bedeutung der Polarisation für das electrische Verhalten der Flüssigkeiten. » *Wiedemann's Annalen*, 1877. N. F. Bd. II, S. 566.

déjà fait ressortir quelques erreurs dans ce travail ; l'auteur trouve d'abord que la capacité de la cellule n'est pas constante, et part pour en calculer la variation d'une équation qui ne peut exister que sous la supposition d'une capacité constante. Il arrive ensuite à des résultats inadmissibles.

Pour lui, le rôle du liquide est celui d'un effet à distance des molécules orientées de toute la masse, ainsi qu'on l'admet dans un diélectrique ou dans un aimant; cette explication est assez plausible de prime abord; mais l'auteur parle de torsions rémanentes (p. 583), ce qu'on ne peut pas facilement supposer dans les liquides, puis cite l'expérience suivante : Si l'on enlève les électrodes chargées et qu'on les replace dans le liquide, on obtient une décharge à peine affaiblie; or, nous savons que les forces intérieures d'un milieu orienté agissent pour détruire cet état anormal, d'où il résulte que, dans son hypothèse, dès qu'on aurait éloigné les électrodes qui entretiennent entre elles un champ de forces électriques, toute orientation devrait disparaître. Il dit aussi qu'on ne perçoit plus aucune condensation si l'on sépare les électrodes par une paroi isolante plongeant dans le liquide (j'ai vérifié ce fait); et cependant si ses hypothèses étaient justes, cette couche isolante n'occupant qu'une petite portion de l'auge ne devrait pas changer beaucoup le pouvoir condensateur de la cellule.

Dans un second mémoire intitulé : « Sur la quantité d'électricité nécessaire pour charger une cellule-condensateur platine et eau, et sur la distance des molécules dans l'eau liquide[1], » ses suppositions ne sont plus les mêmes;

[1] « Ueber die zur vollen Ladung einer condensatorischen Platinwasserzelle erforderliche Electricitätmenge, und über die Distanz

elles sont assez peu claires et je n'entreprendrai pas de les réfuter; il est à remarquer que l'auteur considère l'eau comme électrolyte et que, au lieu d'eau pure, il emploie de l'eau acidulée, ce qui change absolument les résultats, comme mes expériences l'ont montré.

M. Colley, dans un travail intitulé : « Sur la polarisation dans les électrolytes [1], » entreprend une étude théorique et mathématique de la question; il place en parallèle les deux hypothèses admissibles, et se décide pour celle de l'action des surfaces de contact.

M. René Blondlot, dans sa thèse inaugurale [2], a traité le même sujet; dès l'abord il renonce à toutes considérations théoriques; cependant, il semble croire à une véritable décomposition de l'électrolyte produisant une force électro-motrice qui fait équilibre à celle de l'élément; or, nous savons que cela ne peut être admis. L'auteur a découvert une foule de faits intéressants et a éliminé de ses expériences les principales sources d'erreur: on peut cependant en montrer encore quelques-unes, peu considérables, il est vrai.

Ce travail est, à ma connaissance, le dernier publié sur ce sujet.

EXPÉRIENCES

J'étudiai d'abord le condensateur électrolytique au

der Molecüle im flüssigen Wasser. » *Wiedemann's Annalen*, 1878. N. F. Band IV, S. 464.

[1] « Ueber die Polarisation in Electrolyten. » *Wiedemann's Annalen*, 1879. Bd. VII, S. 206.

[2] Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris : « Recherches expérimentales sur la capacité de polarisation voltaïque, » 1881.

point de vue pratique, en mesurant les *décharges*, ainsi qu'on le fait dans les recherches sur les condensateurs ordinaires; nous verrons plus tard dans quelles limites cette méthode fournit des données exactes sur la capacité.

Au moyen d'une dérivation, la cellule était chargée avec une différence de potentiel arbitraire, puis déchargée par un circuit contenant un galvanomètre; un commutateur servait à retourner, cas échéant, le courant de charge; les déviations de l'aiguille furent mesurées avec la lunette et l'échelle, et réduites conformément à l'expression d'une décharge par un galvanomètre :

$$E = 2 \sin\left(\frac{U}{2}\right)\frac{H}{G}\ \frac{T}{\pi}$$

Pour mesurer des décharges très fortes, je dus quelquefois diviser le courant en deux parties au moyen d'une dérivation.

Le galvanomètre fut gradué en unités absolues et, dans les tableaux concernant la capacité, 100 divisions de l'échelle correspondent à 275 microfarads chargés par 1 Daniell. Les plus grandes déviations indiquèrent une capacité de 500 à 1000 microfarads par $cm.^2$. Au reste, comme nous le verrons, cette capacité est très variable.

Les électrodes étaient en platine de 1 $dm.^2$ environ de surface; elles furent privées de gaz par la chaleur et fixées dans une boîte en paraffine contenant le liquide à étudier bouilli avant son emploi; la partie postérieure des électrodes était recouverte d'une matière isolante. L'élément employé était un Daniell

$$Cu - SO_4\,Cu \mid SO_4\,Zn - Zn$$

La densité des solutions était 1,15 et la force électromotrice de l'élément $1{,}106.10^8$[cm. $^3/_2$ gr. $^1/_2$ sec.$^{-2}$]; sa résistance fut mesurée plusieurs fois par jour par la méthode de Mance.

De nombreuses expériences préliminaires révélèrent une cause inattendue de variation de la capacité de la cellule : si l'on charge toujours dans le même sens et si, chaque fois, on laisse se produire la décharge principale et celle des résidus aussi longtemps qu'ils peuvent être mesurés, la capacité diminue continuellement jusqu'à une valeur limite; si, au contraire, on change chaque fois le sens de la charge ou si l'on chasse les résidus par une charge en sens opposé, la capacité tend plutôt à augmenter, surtout pour certains potentiels de charge. En outre, pendant le cours de mes expériences, la capacité de la cellule diminua constamment, mais reprit sa valeur originale chaque fois que les électrodes furent chauffées au rouge. M. Blondlot [1] a trouvé que la déperdition de la charge suit exactement les mêmes variations; nous y reviendrons.

Mes expériences générales pour trouver l'influence des différents facteurs sur la capacité furent faites avec une solution de sulfate de cuivre à 22 $^0/_0$.

Influence du Potentiel.

a. *Décharges obtenues en chassant les résidus.* — Il importait surtout de savoir si la capacité de la cellule est véritablement augmentée par les charges successives, ainsi que les expériences préliminaires semblent le mon-

[1] Loc. cit., p. 44.

trer ; pour le voir, j'intercalai des charges avec 0,1 Daniell entre celles produites avec d'autres potentiels. J'obtins ainsi en résumé les séries moyennes suivantes :

Potentiel.	Temps de charge 1″.		Temps de charge 5″.	
	Prem. déch.	Dern. déch.	Prem. déch.	Dern. déch.
0,1 Dan.	131,5		152,8	
0,2	309,0		360,0	
0,3	574,0		681,5	
0,1	138,4		158,6	
0,4	1119	1256	1401	1482
0,1	140,8		163,0	
0,5	2044	2648	2639	3381
0,1	191		220	
0,6	4581	7120	5700	8460
0,1	252		289	
0,7	10350	10170	12215	12105
0,1	246		295	
0,8	12281	11320	12960	11980
0,1	201		245	
0,9	12335	11400	13200	11696
0,1	200		230	
1,0	12016	10560	12360	11580
0,1	195		227	

Les chiffres des colonnes montrent que la capacité de la cellule est augmentée par l'emploi de certains potentiels dans les circonstances décrites ; cet effet se perdait peu à peu. Le dernier tableau permet de déduire la capacité de la cellule en fonction du potentiel, en divisant la charge par le potentiel qui l'a produite ; on obtient alors, pour les temps de charge 1″ et 5″ des relations représentées par les courbes Fig. 1, Pl. V.

On remarque dès l'abord le fait étonnant de l'existence d'un maximum de capacité entre 0,7 et 0,8 Daniell ; ce résultat, que j'attribuai d'abord à une erreur, a été vérifié par un grand nombre de séries effectuées sous

diverses circonstances. Je ne puis jusqu'ici qu'en soupçonner la raison.

b. *Décharges obtenues en mesurant les résidus.* — Je poursuivis les charges et décharges avec le même potentiel, jusqu'à ce que ces dernières devinssent à peu près constantes, ce qui nécessitait quelquefois le travail de plus d'un jour pour le même potentiel; la diminution spontanée citée plus haut s'étant fait sentir, il ne m'a pas été possible d'obtenir des chiffres exactement comparables. En somme, la relation entre la capacité et le potentiel est à peu près la même que dans le premier cas; on remarque aussi un maximum entre 0,7 et 0,8 Daniell. Quant aux résidus, ils étaient relativement considérables; ils augmentaient avec le potentiel de charge, surtout pour des temps de charge minimes; le rapport entre le premier résidu et la décharge principale varia, pour le temps de charge 1″, entre 0,01 et 0,07; pour le temps de charge 5″, entre 0,09 et 0,13.

En résumé, la capacité de la cellule *mesurée par les décharges* dépend dans une forte mesure du potentiel de charge; la variation ne rappelle en rien ce que nous savons sur les condensateurs diélectriques.

On peut citer en outre certaines particularités : si, dans une série de charges avec le même potentiel, on remuait violemment le liquide entre les électrodes, le cours de la série était à peine changé; l'augmentation ou la diminution de capacité que nous avons trouvées se continuait régulièrement; au contraire, les chiffres obtenus se rapprochaient beaucoup des premiers de la série chaque fois que les électrodes étaient frottées sur toute leur étendue avec un instrument tranchant. On peut en tirer quelques conséquences sur la manière dont se comportent les surfaces de contact.

Distance des électrodes.

J'ai vérifié le fait en partie connu (Herwig), que, lorsqu'on emploie un liquide électrolytique, la distance des électrodes n'exerce qu'une influence très minime sur la capacité de la cellule. Nous avons donc à considérer non la chute, mais bien la différence de potentiel entre les électrodes. J'obtins entre autres les nombres suivants :

Distance =	1,25.	3,08	7,39
Pot. 0,3 Dan. 0,7 »	674,5 3425	650,0 3300	637,6 3010

Dans ces deux séries, le temps de la charge était de 5″. Nous trouvons donc encore une différence considérable entre les deux espèces de condensateurs.

Température.

Je me bornai à quelques séries qui montrèrent une augmentation de la capacité d'environ 3 °/₀ pour 1° C. dont la température s'élevait; les mesures étaient effectuées de manière à éliminer le plus possible l'influence de la diminution de capacité dans le cours d'une série.

Durée de la charge.

J'opérai avec des durées variant de 0″,03 à 10″ ; pour diverses causes des temps plus longs donnaient lieu à des erreurs.

Pour l'emploi des temps très courts, je construisis un appareil agissant automatiquement au moyen d'un pendule très lourd, suspendu à un fil conducteur et portant un petit pinceau de fils de cuivre très fins, recuits et amalgamés qui, en frottant sur des plaques de cuivre recouvertes d'une légère couche de mercure, fermaient un circuit pour la charge; puis le choc du pendule contre un barreau établissait entre la cellule et le galvanomètre un contact permanent; en même temps la plaque de cuivre était isolée de la cellule afin que le pendule en oscillant ne produisît pas une nouvelle charge.

La longueur à donner aux plaques peut se déduire de l'expression de la vitesse de l'extrémité du pinceau au point le plus bas de sa course :

$$\frac{ds}{dt} = l_1 \sqrt{\frac{2g}{l}(1 - \cos\alpha)}$$

l étant la longueur du pendule mathématique, l_1 la distance entre le point de suspension et l'extrémité du pinceau, et l'amplitude des oscillations. Cette formule peut être corrigée en considérant la vitesse du pendule en chaque point de sa course :

$$\frac{ds}{dt} = l_1 \sqrt{\frac{2g}{l}(\cos u - \cos\alpha)}$$

u étant l'angle momentané compris entre le pendule et la verticale.

On peut transformer cette formule pour l'approprier à la pratique.

On a d'abord :

$$\frac{ds}{dt} = 2\,l_1 \sqrt{\frac{g}{l}\left(\sin^2\frac{\alpha}{2} - \sin^2\frac{u}{2}\right)}$$

Pour les amplitudes employées, on pouvait écrire jusqu'à moins de 0,001 près :

$$\frac{\sin^2\frac{u}{2}}{\sin^2\frac{\alpha}{2}} = \frac{u^2}{\alpha^2}$$

Ceci n'est au reste qu'une quantité de correction dont la valeur ne dépassait pas 0,07 ; on a donc jusqu'à moins de 0,0001 près :

$$\frac{ds}{dt} = 2\,l_1 \sin\frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{g}{l}\left(1 - \frac{u^2}{\alpha^2}\right)}$$

d'où l'on tire, en résolvant par rapport à dt et en développant par la formule du binôme :

$$dt = \sqrt{\frac{l}{g}}\ \frac{1}{2\,l_1 \sin\frac{\alpha}{2}}\left(1 + \frac{1}{2}\ \frac{u^2}{\alpha^2} + \ldots.\right)$$

En intégrant de part et d'autre sur le temps du contact T et la longueur de la plaque λ, on aura avec une approximation suffisante :

$$\mathrm{T} = \sqrt{\frac{l}{g}}\ \frac{\lambda}{2\,l_1 \sin\frac{\alpha}{2}}\left\{1 + \frac{1}{6}\left(\frac{\lambda}{l_1\,\alpha}\right)^2\right\}$$

D'où, en négligeant des quantités de l'ordre 0,0001 :

$$\lambda = \sqrt{\frac{g}{l}} \cdot 2\,T\,l_1 \sin\frac{\alpha}{2}\left\{1 - \frac{1}{6}\left(\frac{\lambda}{l_1\alpha}\right)^2\right\}$$

On calcule λ de cette formule, soit par 2 ou 3 approximations, soit en résolvant l'équation du 2e degré.

Les expériences faites en mesurant les résidus donnèrent les résultats suivants :

Temps de charge.		Pot. 0.1 Dan.	Pot. 0.7 Dan.	Pot. 1 Dan.
0",3	Décharges.	101,6	1520	2280
0".5		113,0	1866	3080
0",1		131,7	2622	4550
0",2		148,7	3520	6680
1"				12390

Pour 1 Daniell, la courbe des décharges par rapport au temps se rapproche beaucoup de la parabole donnée par l'équation

$$e^2 = 200\,t$$

Donc, en supposant que la charge entière se soit écoulée par le galvanomètre, ce qui est à peu près exact, les résidus étant très faibles, une partie du courant de charge sera représentée approximativement par l'équation :

$$\frac{de}{dt} = \sqrt{\frac{p}{2t}}$$

Pour les autres potentiels, les relations sont différentes.

Particularités de la décharge.

Dans les condensateurs diélectriques, la décharge est presque instantanée; il n'en est pas de même pour les condensateurs électrolytiques.

J'étudiai le cours de la décharge en mesurant la quantité d'électricité écoulée pendant un temps de longueur mesurée à partir du moment initial.

Voici des séries moyennes obtenues avec le potentiel 0,3 Daniell :

Durée de la décharge.	Temps de charge 0″,2.	Temps de charge 5″.
	Quantités écoulées	
0″,03	507,0	530
0″,05	586,5	604
0″,1	626,4	723
0″,2	—	826
1″	—	1122
2″	713,0	1243

Isolation.

J'opérai d'abord comme avec un condensateur ordinaire; la cellule était chargée, puis laissée à elle-même pendant un temps mesuré, et ensuite déchargée. Les particularités du condensateur électrolytique, et surtout la capacité diminuant sans cesse rendirent certaines précautions nécessaires : dans chaque série, il fallait intercaler un grand nombre de décharges immédiates, afin d'obtenir des facteurs de réduction éliminant l'influence de la diminution de capacité.

Les séries furent très régulières; j'en extrairai quelques nombres réduits à 1000 pris arbitrairement comme terme de comparaison pour la décharge immédiate; la distance des électrodes était de $1^{mm},25$.

Durée de l'isolation.	Potentiel 0,3 Dan.		Potentiel 1 Dan.	
	Temps de charge.			
	1″	5″	1″	5″
0	1000	1000	1000	1000
1″	886	948	920	942
10″	591	688	636	701
60″	267	319	365	458
120″	173	255	300	353

On voit que l'isolation est très mauvaise; la perte est d'autant plus grande que le temps de la charge est plus court, ce qu'on pouvait prévoir, puisque la charge s'effectue lentement.

En partant de l'isolation, on peut, dans les condensateurs diélectriques, calculer la résistance de la couche isolante au moyen d'un décrément logarithmique fourni par l'équation :

$$E = PC\left(1 - e^{-\frac{t}{CR}}\right)$$

d'après la désignation ordinaire. L'existence de cette équation, ou, pratiquement, la constance du décrément, indique que la conductibilité suit la loi d'Ohm [1].

[1] Il semble démontré que la conductibilité des diélectriques n'est pas soumise à la loi d'Ohm. Voir : *Journal télégraphique*, janvier, mai et juillet 1880, les articles de M. le Dr H. Schneebeli.

Cette méthode n'est pas facilement applicable ici, C étant une fonction assez mal définie de P; cependant, je crus pouvoir conclure des séries obtenues que la *conductibilité de convection* ne suit pas la loi d'Ohm; pour m'en assurer, j'entrepris des expériences directes.

Mesures de la résistance.

Il s'agissait de mesurer la résistance à la convection, pour diverses forces électro-motrices; j'employais le pont de Wheatstone dans lequel il faut remarquer ce qui suit : (Fig. 2).

La différence de potentiel aux électrodes (abstraction faite des résistances négligeables des fils reliant la cellule aux points B et C) est la même qu'en B et D, car, le pont ne devant pas être traversé par un courant, les points C et D doivent posséder le même potentiel. Cette différence pouvait être choisie arbitrairement en réglant les résistances dans le circuit inférieur. L'ordre de grandeur des quantités à mesurer rendit certaines précautions nécessaires.

L'expérience montra d'abord que la résistance de la cellule augmente rapidement si l'on fait agir le courant d'une manière continue. Un autre phénomène pourrait, il est vrai, induire en erreur et faire croire à une augmentation qui ne serait qu'apparente : le théorème du pont n'est applicable qu'aux courants stationnaires; or, il est facile de voir que, la cellule se chargeant lentement, le courant de convection dans la branche BC sera renforcé de toute la valeur du courant de charge; mais, celui-ci diminuant, il se produira un effet analogue à une augmentation de résistance. Cependant, un calcul basé sur

l'expérience m'a montré que la plus grande partie de l'augmentation *apparente* est due à une augmentation *réelle* de la résistance.

Voici une partie des résultats obtenus :

(La valeur de la résistance indiquée comme *initiale* est prise 5 minutes après le commencement de l'expérience.)

Distance des électrodes.	Durée du courant.	Potentiel.	Valeur initiale de la résistance en unités de Siemens.	Valeur finale de la résistance en unités de Siemens.
1mm,25	41 min.	0,23 Dan.	13500	36000
»	41 »	0,33	16650	32800
»	33 »	0,24	22500	65250
»	82 »	0,24	45000	99000
»	100 »	0,54	7650	63150
»	150 »	0,54	7650	90000
»	83 »	0,54	36000	105750
»	118 »	0,24	90000	337000
»	85 »	0,73	10000	75000
13mm,8	70 »	0,73	70000	85000
7mm,4	720 »	0,73	55000	115000

La résistance opposée à un courant décomposant l'électrolyte eût été, pour la distance de 1mm,25, d'environ $^1/_{30}$ d'unité de Siemens.

Du commencement à la fin de ces mesures, on remarque une augmentation de la résistance, phénomène déjà observé, quoique formulé différemment par M. Blondlot.

Si l'on prend ce fait en considération dans la discussion de la série précédente, on arrive aux conclusions suivantes :

1° La résistance de convection (s'il est permis de lui donner ce nom) varie avec le potentiel.

2° La distance des électrodes n'exerce qu'une faible

influence sur cette résistance, et, par conséquent, la résistance principale s'exerce aux surfaces de contact.

Ces deux faits nous aideront plus tard à prouver une hypothèse.

Les nombres trouvés ne permettent pas de déterminer la résistance propre du liquide, les causes d'erreurs étant aussi considérables que les quantités à mesurer. Une détermination de cette nature devrait être faite d'une manière toute différente. Les expériences amèneront sans doute à définir une résistance spécifique de convection, qui, peut-être, a la même valeur que la résistance de l'électrolyse.

Je rappelle que, d'après des recherches de M. Bouty [1], les liquides ne posséderaient qu'une seule résistance, et, par conséquent, n'auraient qu'une manière de conduire le courant électrique. On peut remarquer cependant que l'auteur, dans la note citée, ne dit pas avoir privé des gaz dissous, le liquide et les électrodes, employés sans doute dans des expériences sur l'électrolyse; on peut donc supposer que, dans ses recherches, une électrolyse non apparente était entretenue par ces gaz, se dégageant d'une électrode et absorbés par l'autre.

INFLUENCE DE LA NATURE DU LIQUIDE

Après avoir acquis des notions générales sur la cellule électrolytique, j'étudiai d'autres liquides, afin d'établir une comparaison.

EAU PURE

J'employai de l'eau de neige relativement pure, et pri-

[1] « Sur la polarisation des électrodes et la conductibilité des liquides. » Note présentée à l'Académie des Sciences le 1er mai 1882.

vée d'air par ébullition prolongée. J'extrais les tableaux suivants :

Potentiel et temps de charge.

(Distance des électrodes $1^{mm},25$.)

Temps de charge =	1″	2″	5″
		Capacité.	
Potentiel = 0.1 D.	452	613	721
0.2	500	620	773
0,3	504	668	857
0.4	503	667	892
0,5	540	712	950
0,7	540	771	1057
0.8	550	850	1125
1.0	564	798	1125

Nous remarquons dans les colonnes quelques irrégularités presque inévitables dans des expériences où les causes accidentelles sont aussi nombreuses ; nous pouvons néanmoins en conclure que la capacité varie peu avec le potentiel; au contraire, le temps de la charge exerce une grande influence; de plus, la décharge s'effectue beaucoup plus lentement que lorsqu'on emploie un électrolyte.

Distance des électrodes.

(Potentiel 0.5 Dan.)

Temps de charge =	1″	5″	10″
Distance = $1^{mm},25$	265,0	475	535
$3^{mm},10$	132,3	275	320
$7^{mm},4$	82,2	190	231
$13^{mm},8$	31.5	83	112
$21^{mm},0$	15.8	44,6	62,7

Nous voyons que la distance des électrodes exerce une grande influence sur la capacité de la cellule. D'après les nombres trouvés, il ne semble pas que la capacité varie en raison exactement inverse de la distance des électrodes; au reste, la théorie mathématique de la cellule nous montrera des causes d'erreurs qu'on ne peut pas prévoir. On pourrait supposer que l'eau agit comme un diélectrique; mais le fait seul de la charge et de la décharge, incomparablement plus lentes que dans ces derniers, ne permet pas cette hypothèse; puis, la constante diélectrique devrait être en tout cas supérieure à 1000.

Résistance.

Les expériences sur la résistance furent effectuées de la même manière que pour les électrolytes; elles ont montré que l'eau oppose au passage du courant une résistance propre très considérable; sur la résistance des surfaces de contact, je ne puis citer de données comparatives, puisqu'elle dépend dans une forte mesure du temps pendant lequel les électrodes sont restées plongées dans le liquide.

SOLUTIONS FAIBLES

Afin de séparer le plus possible l'influence de l'eau (qui varie avec la distance des électrodes) de celle de la substance électrolytique (qui est à peu près indépendante de cette distance), il était naturel d'éloigner les électrodes le plus possible. Le sulfate de cuivre et l'acide sulfurique furent les seules substances étudiées.

Sulfate de cuivre.

Le sulfate de cuivre employé était cristallisé ; les chiffres indiquant la concentration doivent donc être diminués de $^{90}/_{249,5}$ de leur valeur pour tenir compte de l'eau de cristallisation.

Je cite le tableau suivant :

Potentiel 0.5 Dan. Distance des électrodes 13mm,8.

Temps de charge =	1″	5″	10″
Solution en poids.		Décharges.	
1 eau + 0	43,0	111,5	138,5
» + 0.0005 sulfate	331	510	590
» + 0.001 »	515	744	835
» + 0.002 »	810	1096	1188
» + 0.003 »	1060	1357	1495
» + 0.005 »	1380	1820	1930
» + 0.01 »	1750	2200	2300
» + 0.05 »	2450	2925	3180

L'influence de la concentration est donc très grande, mais il n'existe aucune proportionnalité entre la concentration et la capacité. L'exemple suivant est encore plus frappant.

Acide sulfurique.

Une solution moyenne d'acide sulfurique présenta exactement les mêmes particularités que la solution de sulfate de cuivre.

Les expériences sur la concentration montrèrent que de très faibles quantités d'acide sulfurique exercent une

grande influence sur la capacité; mais la limite de cette influence est bientôt atteinte.

Voici les nombres trouvés :

Potentiel 0.5 Dan. Distance des électrodes 13mm,8.

Temps de charge =	1″	5″	10″
Solution en poids.	Décharges.		
1 eau + 0	11,5	35,1	47,9
» + 0.00050 acide	1752	2405	2525
» + 0.00102 »	2890	3640	3800
» + 0.00204 »	3300	3990	4050

Une solution à 4 °/₀₀ donna à peu près la limite de l'influence de l'acide sur la capacité; cette solution ne laissa pas reconnaître de résistance propre à la convection, en employant la méthode ordinaire.

Il était intéressant de savoir quelle est la plus petite quantité d'acide sulfurique dont l'influence est encore bien marquée; je plaçai les électrodes à une distance de 24mm, et arrivai, par des dilutions successives, à une solution à 1 millionième. Depuis le commencement des expériences avec l'acide sulfurique, la capacité avait beaucoup diminué spontanément.

L'expérience fournit les nombres suivants :

Potentiel 0.5 Dan.

Temps de charge =	1″	5″	10″	20″	60″
Solution en poids.	Décharges.				
1 eau + 0	1,9	6,6	11,0	16,5	24,8
» + 0.000001 acide.	4,8	13,2	20,8	26,2	38,2
» + 0.000004 »	15,2	52,0	73,8	89,2	112,0

On voit que les plus faibles traces d'acide sulfurique modifient considérablement les propriétés électriques de l'eau ; ceci me semble démontrer à l'évidence le fait reconnu depuis longtemps, mais non encore généralement admis, qu'il faut faire une distinction absolue entre l'eau pure et un électrolyte.

Je gagne aussi par là un argument pour l'objection annoncée à propos du travail de M. Helmholtz ; si l'eau jouait le rôle prépondérant que son explication lui assigne, les expériences devraient ce me semble fournir d'autres résultats; de plus, s'il pouvait se produire une polarisation du liquide, telle que celle qu'il décrit, les molécules présenteraient la disposition qui, d'après la théorie de Grotthus, permet l'électrolyse. Ce point aurait besoin d'être étudié plus à fond; je ne puis que l'intercaler en passant.

Si nous appliquions la méthode chimique ordinaire pour découvrir dans le cas présent l'acide sulfurique contenu dans l'eau, le précipité de sulfate de barium obtenu pour 1 litre d'eau acidulée au millionième occuperait un volume de 0,524 $mm.^3$, et ne pourrait certainement être reconnu que par des moyens particuliers.

J'avais opéré dans des circonstances relativement défavorables ; on pourrait obtenir de l'eau beaucoup plus pure que celle dont je me servais, et employer des électrodes de platine platiné présentant une grande surface de contact, et les placer à une distance 10 ou 100 fois plus grande que celle dont je disposais ; je ne doute pas qu'on n'arrive alors à montrer l'influence de l'acide sulfurique en quantités que la chimie est impuissante à découvrir.

Je dus laisser là les expériences ; elles sont fort incomplètes et un grand nombre de résultats contiennent des

fautes provenant de toutes les circonstances accessoires dont on ne peut éliminer l'influence; nous verrons bientôt comment on peut apprécier les principales sources d'erreur. Les résultats sont cependant assez certains pour permettre le résumé suivant.

Résumé.

1° Les propriétés électriques de l'eau et celles d'un électrolyte sont totalement différentes.

2° *Potentiel.* La capacité de la cellule aqueuse est à peu près indépendante du potentiel; dans la cellule électrolytique, elle en dépend dans une forte mesure.

3° *Distance.* La capacité de la cellule aqueuse est à peu près inversement proportionnelle à la distance des électrodes; dans la cellule électrolytique, cette distance est presque sans influence,

4° *Résistance.* La résistance de convection est très considérable dans l'eau, et relativement faible dans un électrolyte; dans les deux cas, la résistance aux surfaces de contact est très considérable, et augmente par l'action suivie du courant; elle ne paraît pas suivre la loi d'Ohm, diminuant lorsque le potentiel augmente.

5° *Durée de la charge.* La durée de la charge exerce une grande influence sur la valeur de la décharge; en d'autres termes, la charge est lente; elle l'est beaucoup plus pour l'eau que pour les solutions électrolytiques, et sa rapidité varie avec le potentiel de charge.

6° *Décharge.* La décharge suit les mêmes lois que la charge; elle est d'autant plus considérable et plus lente que la durée de la charge a été plus longue.

7° *Température.* La capacité croît avec la température.

8° *Concentration.* Des solutions très diluées présentent des qualités intermédiaires; la capacité augmente moins rapidement que la concentration; des quantités très minimes d'acide sulfurique modifient sensiblement les propriétés de l'eau.

Divers. En général, chaque cause qui augmente la résistance diminue la capacité, et inversement; la résistance augmente spontanément lorsque les électrodes (de platine) restent plongées dans le liquide; un courant électrique détermine aussi une augmentation.

L'isolation est mauvaise et les résidus considérables.

Une paroi isolante séparant les électrodes empêche toute condensation (comparable à celle que l'on obtient sans cela).

Il résulte de tout cela que le condensateur électrolytique, dans les circonstances ordinaires, ne peut être employé comme instrument de mesure; mais, s'il ne s'agit que d'emmagasiner une grande quantité d'électricité à une faible tension, qu'on veut employer immédiatement en décharge, on peut l'utiliser avec avantage.

Il donne lieu à d'intéressantes considérations théoriques, dont j'essaierai d'esquisser les éléments.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Nous avons rencontré deux hypothèses pour expliquer l'action du liquide dans la cellule-condensateur; cette action était soit celle d'un diélectrique, soit celle des surfaces de contact.

LIQUIDE CONSIDÉRÉ COMME DIÉLECTRIQUE

Pour rendre compte de l'effet d'un diélectrique sur les armatures d'un condensateur, on a eu recours essentiellement à deux hypothèses élémentaires, celle d'une séparation des électricités dans l'intérieur des molécules ou des atomes, produite par les forces électriques agissant dans le champ à peu près homogène situé entre les armatures, et celle d'une orientation par ces forces des molécules dans lesquelles les électricités ont été séparées d'avance par le contact des atomes hétérogènes.

La première n'est applicable seule qu'aux éléments, et aux corps composés, de constitution symétrique; elle conduit immédiatement à des résultats conformes à l'expérience.

Dans la seconde, en supposant que les forces élastiques faisant équilibre aux forces électriques soient proportionnelles aux déplacements rotatoires des molécules, on arrive, par le calcul, entre des limites étendues, à une proportionnalité exacte entre la force produisant l'orientation, et l'effet électrique du milieu.

La première hypothèse, appliquée à un liquide, conduit aux mêmes résultats que pour un solide. Dans l'emploi de la seconde, il faut considérer les forces élastiques à l'intérieur du liquide; la supposition la plus simple de prime-abord est celle que des forces minimes produisent une orientation presque complète du milieu; elle doit conduire à des résultats qui ne s'éloignent pas trop de la réalité, savoir :

1° L'effet d'un liquide électrolytique sur les électrodes, considéré comme effet diélectrique par orientation,

doit peu varier avec le potentiel de charge; la charge de la cellule varierait donc peu avec le potentiel, et la capacité serait inversement proportionnelle au potentiel.

2° L'effet du liquide étant égal à celui de la somme de ses parties, il est très probable que la capacité varierait d'une manière linéaire avec la concentration.

Nous avons trouvé de tout autres relations; donc l'effet diélectrique d'un liquide, qui évidemment existe, est complètement caché par une autre action beaucoup plus puissante. Nous avons au reste rencontré deux objections élémentaires et irréfutables à propos du travail de Herwig.

EXPLICATION PAR L'ACTION DES SURFACES DE CONTACT

Cette explication, généralement admise, est rendue très plausible par le fait de la diminution de capacité correspondant à l'augmentation de la résistance, car, cette résistance se trouvant principalement dans les couches limites, doit dépendre en première ligne de la distance des surfaces voisines de l'électrode et du liquide, en d'autres termes, de l'épaisseur du condensateur.

Les deux objections élémentaires citées plus haut ne peuvent lui être appliquées, d'aprés ce que nous avons vu sur la manière dont se comportent les couches du liquide voisines des électrodes. Le calcul nous montre une plus grande coïncidence, et permet de découvrir quelques sources d'erreur.

Soit un condensateur électrolytique supposé agissant par les surfaces de contact.

Ses électrodes, dont les potentiels sont P_a et P_b sont réunies par les résistances r_a' et r_b' à des points dont les

potentiels sont P_a'' et P_b''. Les couches du liquide voisines des électrodes sont réunies avec elles par les résistances r_a et r_b, et possèdent les potentiels P_a' et P_b'; elles sont réunies entre elles par la résistance r. P_a, P_a', P_b, P_b' sont variables; P_a'' P_b'', r_a' r_b' et r sont constants; r_a et r_b sont supposés constants.

Ceci n'est sans doute pas exact, puisque ces résistances semblent dépendre respectivement de P_a-P_a' et P_b-P_b'. La relation n'étant pas connue, ne peut être introduite dans le calcul; nous devons nous contenter d'un résultat approximatif.

En désignant par C_a, C_b, la capacité de chacune des surfaces de contact des électrodes et du liquide, nous pouvons écrire les 4 équations simultanées :

$$\frac{P_a'' - P_a}{r_a'} - \frac{P_a - P_a'}{r_a} = C_a \frac{dP_a}{dt}$$

$$\frac{P_a - P_a'}{r_a} - \frac{P_a' - P_b'}{r} = C_a \frac{dP_a'}{dt}$$

$$\frac{P_a' - P_b'}{r} - \frac{P_b' - P_b}{r_b} = C_b \frac{dP_b'}{dt}$$

$$\frac{P_b' - P_b}{r_b} - \frac{P_b - P_b''}{r_b'} = C_b \frac{dP_b}{dt}$$

obtenues en égalant les deux expressions de la quantité d'électricité gagnée par chacune des quatre surfaces considérées.

Par 3 différenciations successives par rapport à t, nous obtenons 12 nouvelles équations qui, avec les 4 premières, permettent d'éliminer 15 inconnues, par exemple :

$$P'_a, \quad \frac{dP'_a}{dt} \quad \frac{d^2P'_a}{dt^2}, \quad \frac{d^3P'_a}{dt^3} \quad \frac{d^4P'_a}{dt^4}$$

$$P_b \quad \frac{dP_b}{dt} \ldots .$$

$$P'_b \quad \frac{dP'_b}{dt} \ldots .$$

Il reste une équation différentielle ordinaire du 4e ordre, permettant de déterminer P_a.

Mais le calcul est long et fournit des résultats compliqués; nous pouvons nous borner à un cas conventionnel, où nous considérons seulement une électrode avec la couche liquide voisine [1], et où nous modifions la désignation ainsi que l'indique la figure 4; nous avons alors à considérer un condensateur ordinaire, dont chaque armature est reliée avec un point de potentiel constant. Les équations du problème sont :

$$\frac{P'_a - P_a}{r_a} - \frac{P_a - P_b}{r} = C\frac{dP_a}{dt} \qquad 1_a$$

$$\frac{P_a - P_b}{r} - \frac{P_b - P'_b}{r_b} = C\frac{dP_b}{dt} \qquad 1_b$$

Nous en tirons :

$$-\frac{dP_a}{dt}\left(\frac{1}{r_a} + \frac{1}{r}\right) + \frac{dP_b}{dt}\,\frac{1}{r} = C\frac{d^2P_a}{dt^2} \qquad 2_a$$

$$\frac{dP_a}{dt}\,\frac{1}{r} - \frac{dP_b}{dt}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r_b}\right) = C\frac{d^2P_b}{dt^2} \qquad 2_b$$

[1] M. Colley (loc. cit. p. 215) a traité un cas particulier de ce problème.

Les équations 1_a 1_b et 2_a donnent :

$$C^2 r \frac{d^2 P_a}{dt^2} + C\left(2 + \frac{r}{r_a} + \frac{r}{r_b}\right)\frac{dP_a}{dt} + \left(\frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b} + \frac{r}{r_a r_b}\right)P_a$$

$$- \left(\frac{1}{r_a} + \frac{r}{r_a r_b}\right)P_a' - \frac{1}{r_b} P_b' \frac{1}{r_b} = 0 \qquad 3_a$$

ce qu'on peut écrire :

$$C^2 r \frac{d^2 P_a''}{dt^2} + C\left(2 + \frac{r}{r_a} + \frac{r}{r_b}\right)\frac{dP_a''}{dt} + \left(\frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b} + \frac{r}{r_a r_b}\right)P_a'' = 0 \quad 3_a'$$

où

$$P_a'' = P_a - P_a' \frac{r + r_b}{\Sigma r} - P_b' \frac{r_a}{\Sigma r}$$

$$\Sigma r = r + r_a + r_b$$

En résolvant cette équation, et en remplaçant P_a'' par sa valeur, on trouve :

$$P_a = P_a' \frac{r + r_b}{\Sigma r} + P_b' \frac{r_a}{\Sigma r} + C_1^a e^{\lambda_1 t} + C_2^a e^{\lambda_2 t} \qquad I_a$$

où

$$\lambda = \frac{-\left(2 + \frac{r}{r_a} + \frac{r}{r_b}\right) \pm \sqrt{\left(\frac{r}{r_a} - \frac{r}{r_b}\right)^2 + 4}}{2 Cr}$$

λ_1 et λ_2 sont négatifs, les 1[er] et 3[e] termes de l'équation $3'$ étant de même signe.

Pour déterminer C^a_1 et C^a_2, nous avons la condition : pour $t = 0$, $P_a = 0$

$$P_a' \frac{r + r_b}{\Sigma r} + P_b' \frac{r_a}{\Sigma r} + C_1^a + C_2^a = 0 \qquad 4_a$$

Il faut chercher une seconde relation ; on trouve d'abord, à cause de la symétrie :

$$P_b = P_b' \frac{r + r_a}{\Sigma r} + P_a' \frac{r_b}{\Sigma r} + C_1^b e^{\lambda_1 t} + C_2^b e^{\lambda_2 t} \qquad 1_b$$

et

$$P_b' \frac{r + r_a}{\Sigma r} + P_a' \frac{r_b}{\Sigma r} + C_1^b + C_2^b = 0 \; ; \qquad 4_b$$

en introduisant les valeurs de P_a et P_b pour $t = 0$ dans 1_a et 1_b, on obtient 2 équations contenant C_1^a, C_2^a, C_1^b, C_2^b, et qu'on peut réduire au moyen de 4_a et 4_b ; on arrive alors aux deux systèmes :

$$\begin{cases} \lambda_1 C C_1^a + \lambda_2 C C_2^a = \dfrac{P_a'}{r_a} \\ C_1^a + C_2^a = - P_a' \dfrac{r + r_b}{\Sigma r} - P_b' \dfrac{r_a}{\Sigma r} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \lambda_1 C C_1^b + \lambda_2 C C_2^b = \dfrac{P_b'}{r_b} \\ C_1^b + C_2^b = - P_a' \dfrac{r + r_a}{\Sigma r} - P_b' \dfrac{r_b}{\Sigma r} \end{cases}$$

qui donnent :

$$C_1^a = \frac{P_a'\left(\frac{1}{r_a} + \lambda_2 C \frac{r + r_b}{\Sigma r}\right) + P_b' \lambda_2 C \frac{r_a}{\Sigma r}}{(\lambda_2 - \lambda_1) C}$$

Ou, en introduisant les valeurs de λ_1 et λ_2 :

$$C_1^a = \frac{1}{2\Sigma r}\Bigg\{P_a'(r + r_b) + P_b' r_a + P_a' \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{r}{r_a} - \frac{r}{r_b}\right)^2 + 4}}$$

$$\left(r - \frac{rr_b}{r_a} + \frac{r^2}{r_b} - \frac{r^2}{r_a} + 2 r_b\right)$$

$$+ P_b' \frac{1}{r_b\sqrt{\left(\frac{r}{r_a} - \frac{r}{r_b}\right)^2 + 4}} (2 r_a r_b + r_a r + r r_b)\Bigg\}$$

C_2^a s'en déduit en changeant le signe du radical, et C_1^b, C_2^b en permutant les indices *a* et *b*.

En particulier, pour l'état stationnaire :

$$P_a = P_a' \frac{r + r_b}{\Sigma r} + P_b' \frac{r_a}{\Sigma r} \qquad \text{II}_a$$

$$P_b = P_b' \frac{r + r_a}{\Sigma r} + P_a' \frac{r_b}{\Sigma r} \qquad \text{II}_b$$

Pour la décharge, nous avons l'équation différentielle ordinaire :

$$\frac{P_a - P_b}{r} + \frac{P_a - P_b}{r_a + r_b} = - C \frac{d(P_a - P_b)}{dt} \qquad 1'$$

dont la solution est :

$$P_a - P_b = A\, e^{-\frac{\Sigma r}{cr(r_a + r_b)} t} \qquad \text{I}'$$

A est égal à P_a-P_b pour le moment initial de la décharge. Cette valeur doit être déduite des expressions de P_a et P_b pour la charge.

En partant de l'état stationnaire, on aura :

$$P_a - P_b = (P_a' - P_b') \frac{r}{\Sigma r} e^{-\frac{\Sigma r}{cr(r_a + r_b)} t} \qquad \text{II}'$$

Les expressions trouvées pour la charge ne se prêtent pas à une discussion générale.

Supposons, comme cela arrive dans la cellule électrolytique, que r soit très grand par rapport à r_a et r_b; on aura approximativement :

$$P_a = P_a' + C_1 e^{-\frac{1}{cr_b} t} + C_2 e^{-\frac{1}{cr_a} t}$$

où C_1 et C_2 sont de l'ordre et de la dimension de P_a'. Il résulte de cette expression que le phénomène est d'autant plus lent que r_a et r_b sont plus grands ; ceci est pleinement confirmé par les phénomènes observés dans la cellule à eau.

L'expression de la décharge fournit un résultat analogue.

Nous pouvons maintenant discuter les erreurs des expériences.

La différence de potentiel indiquée dans les tableaux était P_a' -P_b' ; ceci suppose que $r = \Sigma r$, c'est-à-dire

$r_a = r_b = o$, ou $r = \infty$, et $\lambda t = \infty$; c'est-à-dire $r_a = r_b = o$ ou $t = \infty$.

Les erreurs seront d'autant plus grandes que la réalité s'éloignera plus de ces suppositions, et toutes agiront dans le sens de diminuer la charge que l'on aurait dans le cas idéal supposé normal dans les expériences. En outre, la décharge était supposée complète en un instant très court par rapport au temps d'oscillation de l'aiguille; or, dans la cellule aqueuse, la durée de la décharge était beaucoup plus considérable que ce temps d'oscillation. La quantité d'électricité qui s'écoule par le galvanomètre avant que le mouvement rétrograde de l'aiguille ait commencé est :

$$\int_o^T \frac{P_a - P_b}{r_a + r_b} dt = (P_a' - P_b') \frac{r}{(r_a + r_b)\Sigma r} \int_o^T e^{-\frac{\Sigma r}{cr(r_a + r_b)} t}$$

$$= (P_a' - P_b') \frac{r^2 c}{(\Sigma r)^2} \left\{ 1 - e^{-\frac{\Sigma r}{cr(r_a + r_b)} T} \right\}$$

ce qui, dans certaines circonstances, ne formera qu'une petite fraction de la charge totale. Cette fraction ne peut être calculée que connaissant C, et C n'est calculable que lorsqu'on connaît la déviation correspondant à la décharge complète. On devra procéder par approximations successives, en se servant, pour trouver la première valeur à introduire dans les calculs, d'un galvanomètre dont le temps d'oscillation est très considérable, ou en opérant sur de faibles capacités.

Pour toutes les rectifications, la connaissance exacte des résistances serait nécessaire; or, à cause de leur variabilité, leur appréciation au moment de la charge est très difficile.

Nous n'avons discuté encore que la moitié de la cellule; il est facile de remonter à la cellule complète; nous voyons alors que les expériences décrites, employées à la détermination de la capacité, ne peuvent livrer que des résultats approximatifs; pour la cellule électrolytique, l'exactitude peut être assez grande, à cause des rapports entre les différentes résistances, mais, pour la cellule aqueuse, ils sont certainement très éloignés de la vérité; je n'ai cependant pas hésité à les publier, parce que, indépendamment de la recherche de la capacité, ils sont très intéressants; en outre, ils ont fourni des exemples à la discussion des formules; puis la correction des résultats exigera un travail très considérable, dont on ne peut prévoir le terme.

Les résultats ainsi rectifiés pourront être appliqués d'abord à déterminer la distance entre chaque électrode et la première couche du liquide, en se servant de l'expression de la capacité en fonction des dimensions du condensateur; il est possible qu'on découvre alors que la cellule électrolytique n'est pas symétrique, à cause de l'orientation des molécules, dont les composants agissent en partie par leur affinité pour la substance des électrodes; on peut se figurer aussi que le corps en solution dans l'eau agisse simplement comme conducteur, et modifie la charge et la décharge ainsi que le prévoit la discussion mathématique; on peut soutenir pour le moment cette hypothèse aussi bien que la première, puisque 4 ‰ d'acide sulfurique donnent presque la limite de l'effet produit. Mais ceci rentre déjà dans la spéculation, à laquelle un vaste champ s'ouvre ici; ce serait sortir du sujet que de vouloir même en esquisser les limites.

Fleurier, décembre 1882.

DES ERREURS DE NOS SENSATIONS

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'ILLUSION ET DE L'HALLUCINATION

PAR

Émile YUNG, Dr sc.
Privat-docent à l'Université de Genève [1].

En étudiant dans ces dernières années la question du magnétisme animal, j'ai été conduit à m'occuper du phénomène de l'illusion et de l'hallucination. On sait d'une manière générale, à combien d'erreurs sont exposés nos organes des sens; il est utile de les constater sur soi-même, de les provoquer sur autrui et de s'efforcer de les corriger chez chacun; il est nécessaire de les préciser pour chaque sens et pour chaque individu. — Un même phénomène est souvent apprécié de manières très différentes par les différents observateurs ou par un même observateur à des époques différentes. Nous devrions toujours adopter comme une règle absolue, d'observer plusieurs

[1] Le présent travail n'est que le début d'une série d'expériences entreprises sur l'homme *normal*, en vue de contrôler et de *mesurer* la valeur du témoignage de nos organes des sens. M. Yung prie Messieurs les physiciens et les naturalistes de bien vouloir lui communiquer les observations positives, mais isolées, qu'ils pourraient posséder sur ce sujet.

fois un même fait, dans des conditions subjectives différentes, avant d'affirmer son existence objective. Et s'il est désirable que cette règle soit appliquée par les observateurs de talent, à plus forte raison, elle devait l'être toujours par les personnes qui n'ont pas appris à voir et à sentir, c'est-à-dire qui ne savent pas contrôler les unes par les autres, les données de leurs organes sensitifs.

Nous ne pouvons scruter scientifiquement, en effet, les mystères du monde extérieur que par l'intermédiaire de nos organes des sens et nous n'en savons que ce qu'ils nous en transmettent. Il est par conséquent de première importance pour nous, que ces organes ne nous trompent pas. Cependant, deux sortes d'erreurs sont fréquentes, l'illusion et l'hallucination.

Rappelons brièvement pour la clarté de ce qui va suivre en quoi consiste le phénomène complexe, que nous nommons une sensation.

Dans toute sensation, nous pouvons distinguer trois phases :

1° L'*impression* qui consiste dans le contact médiat ou immédiat de l'objet avec l'*appareil récepteur*, soit l'extrémité périphérique de nos nerfs sensitifs. Admettons pour fixer les idées — et cela concorde avec les données récentes de la physiologie — que du contact dont il s'agit, résulte un mouvement, un choc, une vibration qui modifie l'appareil récepteur.

2° *La transmission* de l'impression, c'est-à-dire de ce mouvement, de cette vibration, à travers des conducteurs organiques spéciaux, les tubes nerveux.

3° *La perception* qui se traduit pour l'observateur par un mouvement de réaction et qui s'effectue dans la masse nerveuse cellulaire. La perception est *consciente* ou *incon-*

sciente, selon que le mouvement a été transmis jusqu'aux cellules cérébrales ou seulement jusqu'à celles de la moelle épinière.

Les nerfs de la sensibilité spéciale sont impropres à conduire d'autres impressions que celles pour lesquelles ils se sont spécialisés. Tout ébranlement mécanique, physique ou chimique du nerf optique par exemple, se traduira, non pas par une perception de douleur, mais par une perception lumineuse. En pareille circonstance, le nerf auditif transmettra une sensation sonore, etc. — Un nerf spécial peut donc transmettre une sensation en dehors de l'agent qui la provoque normalement. Dans l'obscurité la plus complète, nous pouvons éprouver des sensations lumineuses, il suffit pour cela comme chacun le sait, de se comprimer un peu fortement le globe oculaire et d'ébranler ainsi la rétine.

Nous ne connaissons pas les localités du cerveau dans lesquelles les mouvements communiqués par les vibrations lumineuses ou les vibrations sonores se transforment en sensations conscientes de lumière ou de son, mais il est probable que toutes les cellules du cerveau ne sont pas indistinctement propres à cet usage. Il est très probable qu'il y a là une division du travail physiologique qui fait que certains groupes cellulaires sont spécialement destinés aux transformations lumineuses, d'autres groupes aux transformations sonores, etc.

Admettons un moment qu'un ébranlement quelconque, un afflux plus considérable du sang dans la région correspondante du cerveau par exemple, vienne à exciter un de ces groupes cellulaires, il en résultera une sensation consciente ou le réveil d'une sensation antérieure. Et c'est ainsi que dans certaines circonstances, par défaut de

jugement, par défaut de contrôle, nous pouvons être conduits à interpréter, comme des sensations lumineuses ou des sensations sonores réelles, des agitations internes, indépendantes de toute lumière ou de tout son, des centres percepteurs auditifs ou optiques.

D'une manière analogue, dans certains états d'altération des conducteurs nerveux, des impressions réelles, objectives, pourront être modifiées pendant leur transmission au cerveau. De là des perceptions fausses d'images, de bruits, etc; provenant d'un état pathologique du nerf optique ou du nerf auditif.

En résumé, une sensation provoquée par un objet extérieur peut être altérée pendant sa transmission au cerveau et une sensation ne correspondant à aucun objet extérieur peut naître à la suite d'un ébranlement interne des nerfs sensitifs ou des centres percepteurs eux-mêmes. Dans le premier cas, le résultat a reçu le nom d'*illusion*, dans le second, nous avons à faire à une *hallucination*. L'hallucination, dit le professeur Ball, est une perception sans objet.

L'individu qui croit voir un brigand armé jusqu'aux dents, lorsqu'il a sous les yeux un tronc d'arbre, celui qui voit un corps en mouvement alors que le corps qui frappe son regard est réellement en repos, sont sous le coup d'une illusion. Celui qui dans l'obscurité voit passer des fantômes, celui qui dans le silence le plus absolu entend des voix célestes, celui qui croit toucher des anges ou des démons, alors qu'aucun objet ne frappe ses extrémités tactiles, sont des hallucinés.

Ce sont là des exemples extrêmes, mais dans des limites plus restreintes, nous sommes tous exposés à de pareilles erreurs qui deviennent la source de fausses inter-

prétations dans l'observation des phénomènes naturels. Nous connaissons tous des personnes dignes de foi qui assurent avoir perçu telle ou telle sensation sur laquelle elles fournissent tous les détails qu'on leur demande et qui en réalité ont été les sujets d'une hallucination. Des faits de cette nature sont extrêmement fréquents chez les « bons sujets » des magnétiseurs, c'est-à-dire chez les personnes souffrant d'une névrose hystérique, hypnotique, somnambulique ou autre, et qui par le fait de leur état nerveux particulier sont beaucoup plus exposées à la production d'illusions ou d'hallucinations.

Je laisse de côté ici les cas de névrose et je ne parlerai que des hallucinations que l'on réussit à provoquer chez tout individu.

On me pardonnera les procédés quelque peu charlatanesques employés dans les expériences suivantes, en vertu de l'intérêt des résultats obtenus.

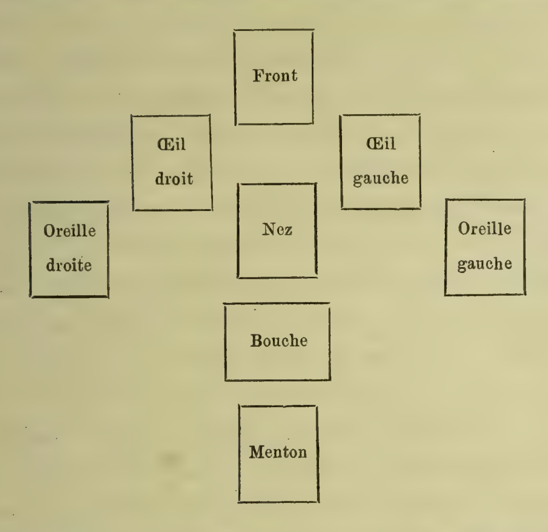
PREMIÈRE SÉRIE

EXPÉRIENCES FAITES AVEC LA CARTE DITE MAGNÉTISÉE [1]

Dispositif. Je prends dans un jeu huit cartes quelconques et je les dispose sur une table selon une certaine figure à laquelle j'attribue une importance capitale. Cette figure correspond comme le montre le schéma ci-après à la figure humaine (1 carte pour le front, 2 pour les yeux, 1 pour le nez, 2 pour les oreilles, 1 pour la bou-

[1] Ce tour de cartes est ancien et très connu. Je ne sache pas cependant qu'on l'ait fait servir à des expériences méthodiques. Le tour lui-même m'a été montré par mon savant ami, M. le Dr Léon Frédéricq, professeur de physiologie à l'Université de Liège. Il a été témoin de quelques-uns des résultats relatés plus loin.

che, 1 pour le menton). Puis après avoir joué au scepti-



que sur la question de l'existence « d'un fluide magnétique, » j'avoue que l'expérience dont je vais rendre témoins les personnes présentes, me semble démontrer qu'il y a là des phénomènes difficiles à expliquer sans « fluide. » Je touche alors toutes les cartes afin de les imprégner de « mon fluide, » et je déclare être prêt à tenter l'expérience avec la première personne qui le désirera. Il est très rare, en effet, comme on le verra tout à l'heure, que l'expérience ne réussisse pas, et cela aussi bien avec les personnes incrédules qu'avec celles qui croient au fluide et aux fantastiques récits de quelques magnétiseurs. Je simule donc de me mettre en relation magnétique avec une personne de la société, je lui applique ma main contre le front, je lui serre vivement la main ou j'exécute quelque autre simagrée du même ordre et je la prie de toucher à mon insu l'une des cartes de la figure. Afin de la convaincre davantage que je ne

vois pas, je sors de la chambre pendant qu'elle « magnétise » la carte.

A mon retour, un compère — car il en faut un, — me signale immédiatement la carte touchée en se grattant, sans que personne y prenne garde, la partie correspondante, le nez, le menton, l'œil, etc., de son propre visage. Étant ainsi renseigné, je joue une innocente comédie qui consiste à prétendre que je vais reconnaître la carte touchée, grâce à une sensation (attraction, souffle, tremblement, odeur, etc.), due sans doute au fluide déposé par la personne. Je simule en effet d'éprouver cette sensation de la part de la carte qui m'a été signalée par mon compère, comme je l'ai indiqué. Comme je ne me trompe jamais, chacun est très étonné du succès remporté. Comment est-il possible que le fait d'avoir posé pendant un instant les doigts sur cette carte ait suffi pour lui communiquer une pareille propriété?

Jusqu'ici, l'expérience n'a rien de bien remarquable, c'est un joli tour de cartes, et voilà tout. Mais si je prie la personne émerveillée et encore quelque peu incrédule, de sortir à son tour et de rechercher elle-même la carte que je magnétiserai pendant son absence ; elle imite à son retour la recherche qu'elle m'a vu faire, elle devient attentive à la sensation que je lui ai annoncée, et toujours ou presque toujours, elle signale une carte. Elle devient ainsi le sujet d'une véritable hallucination, puisque pendant son absence, je ne touche aucune carte du tout et qu'elle prétend avoir éprouvé la secousse, le tremblement, la démangeaison, etc., dont je l'ai prévenue.

Si chacune des personnes présentes s'accorde à lui témoigner que la carte où elle croit avoir éprouvé une sensation, est bien celle que je suis censé avoir magnéti-

sée, elle se persuade dans son idée et je peux lui faire répéter plusieurs fois la même expérience *avec un succès toujours croissant.*

Résultats. J'ai soumis jusqu'ici à l'expérience telle qu'elle vient d'être décrite plus de cent personnes d'âge et de sexe différents, la plupart en bonne santé, instruites et adonnées à des travaux scientifiques, peu portées par conséquent à une crédulité excessive. — Sur ce nombre 11 personnes seulement ont refusé de signaler une carte, disant que malgré l'attention qu'elles y apportaient, elles ne *sentaient* absolument rien sur aucune des cartes de la figure, ni la sensation annoncée, ni une autre sensation quelconque. Ces onze personnes étaient des hommes. Toutes les autres personnes ont éprouvé une sensation. Elles se divisent en trois groupes.

Premier groupe. 32 personnes prévenues que la carte soi-disant magnétisée se reconnaissait à ce qu'en passant la main au-dessus, elle produisait une *secousse* d'intensité variable (sensible tantôt au bout des doigts seulement, tantôt dans toute la main, le bras, etc.) ont senti réellement la secousse. A la question : « Êtes-vous bien certaine de n'avoir pas été le sujet d'une hallucination ? elles ont répondu qu'elles avaient la certitude d'avoir ressenti quelque chose. Ordinairement toutefois, la sensation n'est pas très intense la première fois, mais si on prie, comme nous l'avons dit, la personne de recommencer, alors qu'un premier essai l'a convaincue de la possibilité de reconnaître la carte magnétisée, il est constant qu'au second tour la secousse lui paraît plus forte et que son intensité ne fait que grandir à mesure qu'on répète l'expérience.

Il m'est arrivé de provoquer la croyance à une secousse généralisée dans tout le corps chez une jeune femme de

20 ans. J'avais moi-même dans l'exposition de l'expérience, signalé la carte qu'elle avait touchée en mon absence, en prétendant avoir reçu un choc général dans les bras et dans les jambes et en simulant les gestes que l'on fait en pareil cas. Lorsque son tour fut venu, elle tressaillit en passant la main sur une certaine carte, que je n'avais pas plus touchée que les autres et elle affirma avoir reçu le choc annoncé, non seulement dans les membres, mais encore dans la poitrine. Lui ayant dit alors que le choc ne pouvait jamais atteindre la poitrine, elle me répondit « qu'elle était très sûre de ne pas se tromper, et que la poitrine lui faisait encore un peu mal. »

Neuf autres personnes, dont deux hommes, dans ce groupe, avouèrent avoir éprouvé outre la secousse « un peu d'oppression » ou des sensations diverses, telles par exemple, qu'une certaine gêne à mouvoir les doigts. L'une d'elles (une dame) que j'avais conviée à faire l'expérience durant une soirée, m'avoua le lendemain qu'après mon départ, elle avait essayé en vain de toucher du piano, « parce que sa main droite — celle qui avait ressenti la secousse imaginaire, — était comme paralysée et qu'elle ne se trouvait même pas encore complètement déroidie. » — Il est à remarquer que ces neuf dernières personnes, sans avoir jamais été magnétisées, avaient toutes assisté à des représentations données par des magnétiseurs.

A part les cas extrêmes que je viens de signaler, la secousse n'a été ressentie que dans les doigts ou le poignet.

Quelques savants, témoins de ces expériences, ont pensé qu'il n'y avait pas lieu de voir dans les sensations éprouvées de véritables hallucinations, mais seulement une complaisante simulation. Je ferai remarquer à ce propos

que je ne mentionne ici que les résultats obtenus chez des personnes sur la bonne foi desquelles j'ai les meilleures raisons de compter. Mes notes concernent un beaucoup plus grand nombre de sujets, j'élimine tous ceux sur lesquels je n'ai fait qu'une seule expérience et ceux que je ne connais pas suffisamment. Du reste, les résultats qui seront mentionnés dans le quatrième groupe, éloignent par leur spontanéité l'hypothèse de la simulation.

Second groupe. J'ai réussi à provoquer des hallucinations de la vue en annonçant que la carte magnétisée m'était révélée par un léger vacillement, un déplacement, et en engageant la personne sur laquelle j'opérais à regarder attentivement chacune des cartes jusqu'à ce qu'elle en vît bouger une. 12 personnes sur 27 ont signalé une carte après l'avoir vue se mouvoir. Il est certain, tous les autres témoins de l'expérience en sont garants, qu'aucune carte n'avait changé de place. Une personne a déclaré « que la carte s'était soulevée, » une autre a dit « que la carte s'était inclinée en se balançant, » une troisième — qui avait fréquenté les magnétiseurs et avait été endormie par eux — a prétendu qu'au moment où elle regardait la carte « elle avait senti que ses yeux y étaient invinciblement attirés. » Ce phénomène d'attraction du regard entraînant le mouvement de tout le corps de l'individu, est très connu des magnétiseurs.

Je rapprocherai de ces cas les nombreuses données que nous possédons relatives aux observateurs qui voient certains mouvements des astres ou d'autres phénomènes célestes qui n'ont aucune existence réelle. Il m'est arrivé l'an dernier, alors que la fameuse comète dont chacun se souvient, n'était déjà plus visible, d'affirmer devant six personnes que je la voyais encore, et je leur désignais en

même temps le point du ciel où je prétendais la voir. Trois de ces personnes l'ont vue telle que je la leur décrivais, mais *vaguement*, l'une d'entre elles l'a même dessinée, non telle qu'elle l'avait réellement vue quelques semaines auparavant, mais telle que son imagination excitée et dirigée par mes affirmations la lui montrait.

Voici encore une observation que j'ai faite il y a quelques mois. Il existe près de Roscoff, dans le Finistère, un gros rocher de granit, solidement planté sur une petite pelouse au bord de la mer et connu sous le nom celtique de *Roch-roum*. Me trouvant à la tombée de la nuit en compagnie de trois personnes et la conversation étant venue à tomber sur les rochers branlants dont on connaît effectivement quelques exemples sur les côtes de la Bretagne, j'affirmai que Roch-roum lui-même branlait lorsqu'on le poussait légèrement du doigt. — Aussitôt deux de ces personnes firent l'expérience et convinrent avec étonnement qu'elles le voyaient et le sentaient branler; il fallut à la troisième une certaine insistance pour les persuader du contraire. Depuis lors, j'ai répété l'expérience à plusieurs reprises sur d'autres rochers aussi immobiles que Roch-roum et j'ai si bien réussi sur certaines gens, que ces derniers le répétant de proche en proche, ont fini par donner la réputation de rochers branlants à des blocs de pierre, en réalité absolument fixes.

Mais revenons à nos cartes.

Troisième groupe. J'ai répété l'expérience des cartes sur 20 personnes, en prétendant que la carte touchée répandait une certaine odeur que tantôt je spécifiais exactement et tantôt j'indiquais seulement d'une manière vague. Treize personnes (8 femmes et 5 hommes) ont répondu en signalant une carte, déclarant dans le premier

cas, avoir senti l'odeur spécifiée, et accordant dans le second cas des qualifications très variées à l'odeur qu'elles croyaient avoir sentie. Odeur âcre, odeur pénétrante, odeur douce comme un parfum, etc. Une personne affirma que « l'odeur l'avait suivie pendant quelques heures. » — (Voir plus loin la seconde série d'expériences).

Quatrième groupe. Enfin 18 personnes sur 21 auxquelles j'avais annoncé une sensation quelconque, sans la qualifier spécialement, ont signalé une carte et se sont montrées très fertiles en appréciations diverses relatives à la sensation qu'elles croyaient avoir éprouvées. C'est même dans ce groupe que j'ai obtenu les résultats les plus singuliers.

Une jeune fille (Louisa C. âgée de 19 ans) a signalé une carte en disant qu'elle avait éprouvé en passant la main au-dessus « un grand frisson dans le dos. » — Une autre jeune fille (Ellen W. âgée de 18 ans) s'est tout à coup renversée en arrière comme succombant à une violente répulsion, en passant la main au-dessus d'une carte, croyant également que cette carte avait été magnétisée.

Ici, chaque cas est intéressant, mais il serait trop long de les rapporter en détail. Je dirai seulement que l'imagination, tout en se montrant chez quelques sujets d'une richesse inouïe, cède souvent aussi la place à l'imitation et quoique prévenus qu'ils peuvent s'attendre à toutes sortes de sensations, les sujets annoncent quelquefois la sensation que j'ai simulé avoir éprouvée moi-même, ils l'amplifient et la généralisent. Mais ce qui prouve que l'imitation n'est pas la règle générale, c'est que dans les 18 cas que je mentionne dans ce groupe, 11 sont relatifs à des personnes qui ont éprouvé des sensations toutes dif-

férentes que celles que j'avais simulées. Ainsi ordinairement je prétends que je devine la carte en sentant un tremblement dans les doigts, mais je convie chacun à être attentif à une sensation quelconque, or, il s'est trouvé des sujets qui affirmaient ne rien avoir éprouvé du tout dans les doigts, mais avoir eu « comme un éblouissement. » — Il est essentiel naturellement dans le début, d'entourer l'exposé de l'expérience d'une certaine mise en scène, d'un certain mystère qui en assure la réussite.

Un jeune homme évidemment malade et qui se relevait la nuit dans des accès de somnambulisme, a spontanément jugé ce jeu comme « dangereux, » disant que lorsqu'on le lui faisait répéter plusieurs fois, il se sentait vivement impressionné et s'en trouvait mal.

DEUXIÈME SÉRIE

EXPÉRIENCES FAITES AVEC DES PIÈCES MÉTALLIQUES

On peut varier de la manière suivante l'expérience des cartes. Sous cette nouvelle forme, elle permet en particulier de mieux provoquer des hallucinations olfactives. Du moins, je ne l'ai employée que dans ce but jusqu'ici.

On prend un certain nombre de petites plaques métalliques de formes variées ou des pièces de monnaie à différentes effigies, de manière à pouvoir les reconnaître dans la suite. Puis après avoir joué une comédie que l'on peut infiniment varier selon l'ingéniosité que l'on possède, mais dont le fonds est toujours de paraître magnétiser ces pièces ou la personne sur laquelle on expérimente, on se fait fort de reconnaître la pièce touchée par cette personne alors que l'on est absent, « grâce à l'exquise

finesse d'olfaction que procure le fluide. » Lorsqu'on rentre on se hâte, tout en causant d'autre chose afin de détourner l'attention des assistants, de saisir toutes les pièces, les unes après les autres de manière à juger de la différence de température qui rend seule en réalité reconnaissable la pièce qui vient d'être touchée, ce qui a l'avantage sur l'expérience précédente de dispenser d'un compère. Une fois que l'on est ainsi naturellement fixé sur la pièce touchée, on les approche toutes du nez en simulant de les flairer pour reconnaître l'odeur accusatrice.

La personne doit toucher la pièce en la serrant un instant entre ses doigts, en faisant ainsi, elle la chauffe suffisamment pour assurer le succès de l'expérience. D'odeur il n'y en a pas, mais si on affirme son existence, si on la désigne par un qualificatif quelconque, on est à peu près certain de la faire sentir aux personnes « trompées » sur lesquelles on répète l'expérience. Si au contraire, on ne la qualifie pas, elles le font elles-mêmes toujours comme nous le savons déjà, avec une remarquable abondance de détails. Je l'ai constaté sur 28 personnes des deux sexes, dont 19, surtout des femmes, ont répondu qu'elles avaient senti une certaine odeur sur la pièce de monnaie qu'elles désignaient et qui, pas plus que dans l'expérience de la carte n'avait été spécialement touchée.

Un jeune homme, a répondu qu'il lui avait « semblé » que la pièce qu'il venait de désigner répandait une odeur « âcre, sèche, » au second tour il reconnut cette odeur plus positivement et devint très affirmatif. Une dame a refusé de recommencer l'expérience, parce que « l'odeur lui faisait mal au cœur, » etc.

Une seule fois j'ai provoqué en même temps l'hallucination d'une secousse et d'une odeur, faisant toucher et sentir la pièce tout à la fois.

Voici donc un certain nombre de faits qui démontrent combien il est facile de provoquer des hallucinations de la vue, du toucher et de l'odorat chez des personnes qui n'y sont pas sujettes, se portent bien, sont parfaitement éveillées et paraissent très éloignées de ces états névrotiques sur lesquels nous allons revenir et qui prédisposent à toutes les altérations de la sensibilité.

Pour ce qui concerne les hallucinations de l'ouïe, je n'ai obtenu qu'un très petit nombre de résultats parce que les dispositifs dont il vient d'être question sont peu propices pour les provoquer. Cependant, quatre personnes préparées d'une manière analogue à celle décrite, ont entendu distinctement l'une des cartes de la figure auprès de laquelle elles tendaient l'oreille « répandre comme un bourdonnement. » Les hallucinations de l'ouïe ne sont du reste pas difficiles à provoquer dans un milieu silencieux. Le soir, j'ai souvent fait entendre la cornette annonçant un incendie, à des personnes auxquelles j'affirmais l'entendre moi-même et dans une réunion, si on assure entendre sonner les cloches, on rencontre toujours quelques personnes qui prétendent les entendre sonner aussi.

Il est à remarquer que dans tous les cas dont il vient d'être question la persuasion dans la réalité de la sensation est telle, qu'il est fort difficile de démontrer à la personne que cette réalité n'existe pas. On a beau lui faire savoir qu'on l'a trompée, elle est trop certaine d'avoir éprouvé la sensation pour vouloir en convenir. Une dame m'a répondu « qu'elle mettrait sa main au feu, » plutôt que de croire à une erreur. L'histoire des sciences con-

naît des exemples de savants qui après avoir cru observer tel ou tel phénomène de nature à appuyer une théorie favorite n'ont jamais voulu reconnaître qu'ils s'étaient trompés. Il y a là un défaut contre lequel nous devons réagir dès le début des études et que les professeurs appelés à diriger les premiers pas d'un commençant dans les sciences d'observation doivent s'efforcer de corriger. Parmi les personnes auxquelles j'ai réussi à faire voir et sentir ce que je voulais et non la réalité extérieure, il y a des naturalistes, des physiciens, etc., dont quelques-uns ont un nom dans la science. Il est certain que nous devons toujours sévèrement critiquer nos propres observations parce que, si habiles que nous soyons, nous ne savons pas parfaitement nous servir de nos organes et nous sommes trop portés à leur accorder notre confiance.

L'éducation reçue dans les laboratoires atténue les défauts dont il est question. S'agit-il, pour les débutants dans les études microscopiques par exemple, de dessiner un objet décrit auparavant et qu'actuellement ils ont sous les yeux, ils le représentent fréquemment tel que le comportait la description plus ou moins détaillée qu'on leur en a donnée, et non tel qu'ils le voient réellement. Il n'est pas rare que dans une préparation microscopique, le commençant affirme vrai tel ou tel détail de structure dont on lui parle et que la préparation ne montre en aucune manière. J'ai constaté cela très souvent. Et ici, il n'y a pas toujours fraude ou mensonge de la part de l'élève, celui-ci voit en effet ce que le maître lui indique, mais il le voit par une sorte d'hallucination des centres psychiques et non par une impression réelle frappant sa rétine. Plus tard, dans la suite des études, il est plus rare de constater pareil phénomène chez celui qui se voue

à l'observation, mais encore une fois il doit toujours se tenir sur ses gardes.

On sait d'ailleurs que nos sensations ne sont pas toujours en rapport avec le degré d'intensité de l'excitation extérieure (Wundt, Fechner, etc.). L'attente d'un phénomène réduit à un minimum le degré d'intensité de l'excitation que doit produire ce phénomène, pour qu'il soit suivi d'une sensation. « Quand l'attente est extraordinairement vive, dit M. James Sully, elle peut suffire à produire comme le simulacre d'une sensation réelle. C'est ce qui arrive, quand les circonstances actuelles nous suggèrent l'idée de quelque événement immédiat. L'effet est surtout puissant dans le cas où l'objet ou l'événement attendu est de nature à intéresser ou à exciter, parce qu'alors l'image mentale gagne en intensité grâce à l'excitation émotionnelle qui l'accompagne[1]. »

Ces circonstances se rencontrent dans les faits que nous venons de relater.

Deux mots encore.

Dans l'état de somnambulisme, de névrose hystérique, hypnotique, etc., l'homme peut être à la suite de certaines pratiques, plongé dans un sommeil particulier accompagné le plus souvent de catalepsie. Or, pendant une phase de ce sommeil, la phase dite de léthargie, les sens spéciaux continuent en partie à fonctionner et l'on peut faire naître par la parole chez les sujets, les hallucinations les plus variées. Leur dit-on que l'on joue de la musique, ils l'entendent aussitôt ; ils voient les objets divers dont on leur parle, ils les sentent, les goûtent. Ce sont là des phénomènes de suggestion très connus et très

[1] James Sully, *Les illusions des sens et de l'esprit*. Un volume de la Bibliothèque scientifique internationale. Paris, 1882, page 78.

étudiés dans ces dernières années. Chez certains malades le champ de la suggestion est pour ainsi dire, sans limites. Il est intéressant de constater qu'ici l'état pathologique n'est qu'une exagération de l'état normal, puisque comme nous venons de le voir on peut par des discours habiles, par la persuasion, etc.; solliciter l'attention de l'homme normal et non endormi de manière à lui faire avoir conscience de sensations qui ne correspondent à aucune réalité objective. Dans les deux cas, la répétition de l'hallucination conduit à une augmentation de son intensité. Tous les névropathes savent qu'il est beaucoup plus facile de produire la suggestion chez de vieux sujets, qui ont été longtemps entre les mains des magnétiseurs, que chez ceux qui sont endormis pour la première fois. Dans nos expériences nous avons toujours vu qu'au bout de deux ou trois reprises, la sensation subjective croissait d'intensité et que les personnes que l'on a entretenues dans la croyance au « fluide » de la carte ou de la pièce de monnaie soi-disant magnétisée, sont beaucoup plus aptes à servir pour une démonstration, qu'une personne sur laquelle on tente l'expérience pour la première fois et qui n'est pas toujours très affirmative au début.

En résumé, nous constatons sous une forme pour ainsi dire embryonnaire, chez l'homme sain, des phénomènes de suggestion qui peuvent acquérir une grande intensité chez l'homme malade.

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1882

PAR

M. ERNEST FAVRE

Cette revue est divisée, comme les précédentes, en deux parties : la première comprend l'examen des descriptions géologiques et des recherches relatives à la composition des minéraux, des roches, à la géologie dynamique, etc. ; la seconde traite des travaux relatifs aux terrains, des formations les plus anciennes jusqu'aux dépôts actuels.

La science a fait cette année une grande perte dans la personne d'Édouard Desor (13 février 1811—23 février 1882). Une notice due à M. L. Favre [1] retrace les principales phases de l'activité scientifique de cet homme aux aptitudes si variées dans les domaines de la paléontologie, de la géologie, de l'étude des glaciers et des sciences préhistoriques.

M. Gilliéron [2] a publié une notice nécrologique sur J.-B. Greppin (1819-1881), avec une liste des travaux de ce géologue, connu surtout par ses recherches sur les terrains tertiaires et jurassiques du Jura bernois.

[1] L. Favre, Édouard Desor (1811-1882). Notice nécrologique. *Bull. de la Soc. des Sc. nat.* Neuchâtel, 1882, XII.

[2] Gilliéron, Jean-Baptiste Greppin. *Actes de la Soc. helvét.*, 1882.

Nous avons à signaler le fait important de la constitution d'une Société géologique suisse [1], comme section de la Société helvétique des sciences naturelles. Le nombre des membres est de plus de 60. Le Comité suisse d'unification géologique a résilié ses fonctions entre les mains du bureau de la nouvelle Société.

M. Renevier [2] est devenu en Suisse le représentant le plus autorisé de la cause de l'unification de la nomenclature et des couleurs géologiques dont le Congrès international s'occupe avec activité. Il a fait, depuis quelques années, diverses publications sur ce sujet. M. Jaccard [3] a publié une note sur la même question. On doit aussi à M. Heim [4] et à M. Maillard [5] deux mémoires relatifs à l'unification des procédés graphiques.

I. Descriptions, roches, géologie dynamique, etc.

Descriptions géologiques.

Alpes. *Versant nord.* M. Heim [6] a examiné avec M. Renevier le projet de tunnel à travers le Mont-Blanc (Rev.

[1] *Archives*, 1882, VIII, 395.

[2] Renevier, Comité suisse d'unification géologique. *Archives*, 1881, V, 497, 1882, VII, 536.

[3] Jaccard, Le Congrès international de Bologne en 1882. *Bull. Soc. Neuchâtel*, 1882, XII, 512.

[4] Heim, Projet d'unification des procédés graphiques dans les cartes géologiques. *Congrès géol. intern.*, *2e sess.*, 1881, 281.

[5] Maillard, Sur l'unification des procédés graphiques en géologie, particulièrement sur les gammes des couleurs. *Congrès géol. intern.*, *2e sess.*, 1881, 360.

[6] A. Heim, Ueber die geologischen Expertuntersuchungen über das Project eines Montblanc-Tunnels. *Vierteljahrschr. naturf. Ges. Zurich*, 1082, XXVII, 106.

pour 1881, 187). Le grand tunnel aurait sur sa partie droite une longueur de 13,200 mètres, à laquelle il faut ajouter une partie courbe de 6070 mètres, nommée tunnel sous vallée, qui n'est en réalité que la continuation du précédent, ce qui fait bien un total de 19,270 mètres, c'est-à-dire presque la même longueur que celui du Simplon (19,450 mètres); l'entrée nord et la sortie sud sont pour le premier à 1050^{m} et 996^{m}, pour le second, seulement à 685^{m} et 635^{m}. Le percement de la galerie sous vallée rencontrera beaucoup de difficultés, provenant surtout des terrains d'alluvion; celui du grand tunnel se présente plutôt dans des conditions favorables, sauf pour la température qui pourrait bien dépasser dans le centre 50°, tandis qu'au Simplon, elle ne dépasserait guère 35°.

M. HOLLANDE [1] a rendu compte d'une coupe géologique qu'il a prise en allant de Faverges à Frontenex, par le col de Tamié, et qui diffère sensiblement des indications données par M. A. Favre sur la même région.

Le même auteur [2] a fait l'étude de la vallée de Bellevaux, dans le massif des Bauges, et il en a donné plusieurs coupes. Cette vallée est le résultat d'un grand pli synclinal, limité à l'O. et à l'E. par des arêtes du terrain urgonien, et dans l'intérieur duquel sont le gault, le sénonien à *Ananchytes ovata* et le nummulitique. Extérieurement à cette vallée, l'urgonien est enveloppé par la série suivante: calcaire néocomien à *Echinospatagus cordiformis*, valangien (?), marnes et calcaires à ciment avec *Amm. Berriasensis*, couches à *Aptychus*, calcaires à *Amm. tenuiloba-*

[1] Hollande, Une excursion de Faverges à Frontenex, par le col de Tamié. *Revue savois.*, 1882, 33.

[2] Hollande, Stratigraphie de la vallée de Bellevaux, massif des Bauges, Savoie. *Revue savois.*, 1882, 57.

tus. Du côté de l'Armenaz cette série se continue par les marnes à géodes, les schistes à posidonies, le terrain jurassique inférieur jusqu'au lias à *Bel. niger*.

M. Th. Studer [1] a publié une note accompagnée de coupes sur la géologie du versant méridional du massif du Schwarzhorn, au sud du lac de Brienz. Les cimes qui forment les contreforts de ce massif, à l'E. du torrent du Giessbach, sont l'Axalphorn, l'Oltschikopf, le Tschingel, le Gerstenhorn. La montagne de l'Axalp est constituée par un calcaire gris compact, dur, se brisant en fragments anguleux ; il est replié en une série de voûtes rompues et déjetées vers le nord, séparées par un schiste marneux et sableux, qui le recouvre et qui appartient au terrain oxfordien. La coupe de l'Oltschikopf montre très clairement les contournements auxquels ont été soumis ces terrains, et par suite desquels ces couches jurassiques occupent toute l'épaisseur de la montagne. En arrière du Tschingel, l'Ebne-Fluh présente une voûte semblable ; puis le Gerstenhorn est entièrement constitué par un schiste sableux, replié en quatre voûtes déjetées et juxtaposées et qui appartient probablement au jura brun. Cette notice est complétée par quelques détails sur le terrain glaciaire.

La route de l'Axen, qui longe le bord oriental des Quatre-Cantons, dans la partie nommée le lac d'Uri, entre Brunnen et Fluelen, fournit une coupe remarquable des Alpes calcaires de la Suisse centrale, qui a été relevée en détail par M. Stutz [2]. Elle comprend deux parties, la

[1] Th. Studer, Geologische Beobachtungen im Gebiete des Schwarzhornmassivs. *Mittheil. der naturf. Ges. Bern*, 1882.

[2] Stutz, Geologische Beschreibung der Axenstrasse. *Neu. Jahrb. fur Mineral.* Beil.-Band, 1882, II, 440.

chaîne des Rofaien et de l'Axenberg, entre Fluelen et Sisikon, qui est la deuxième chaîne calcaire à partir du massif central du Finsteraarhorn, et celle de la Frohnalp, qui est la troisième.

La structure de la chaîne de la Frohnalp que la route traverse de Brunnen à Sisikon est compliquée. En arrière de Brunnen se trouvent les couches nummulitiques, celles du calcaire de Seewen et celles du gault plongeant vers le nord ; elles s'appuient à l'urgonien, que la route traverse dans toute son épaisseur et qui forme une grande voûte sur laquelle sont les hôtels de l'Axenstein et de l'Axenfels ; le gault occupe la surface de cette voûte et constitue le plateau sur lequel est Morschach. Au delà de l'urgonien, la route entre dans la formation néocomienne ; elle traverse les couches supérieures à *Mytilus Couloni*, les marnes à *Crioceras*, les calcaires siliceux, puis, par suite de l'abaissement de la voûte, elle rentre dans les marnes néocomiennes supérieures à *Toxaster Ricordeanus*, qu'elle suit sur une grande longueur ; elle est dominée par les calcaires urgoniens qui, après s'être abaissés au-dessous de Morschach, ont pris une position horizontale ; plus loin, toutes les couches crétacées se redressent subitement, par un angle aigu et plongent vers le sud, étant renversées les unes sur les autres et rompues dans leur partie supérieure ; ce renversement ramène la route dans la formation très puissante des calcaires siliceux en bancs minces, qui plongent sous les calcaires à *Terebratula diphya*. Ceux-ci viennent butter en stratification discordante contre le terrain nummulitique de Sisikon, qui appartient à la chaîne des Rofaien. Ce grand massif se trouve en avant de la Frohnalp proprement dite, qui s'élève en arrière de Morschach et qui présente

en série régulière plongeant faiblement vers le nord, la même suite de formations, des calcaires à *Ter. diphya* jusqu'au calcaire de Seewen.

M. Stutz a donné une explication très normale de cette singulière structure, en admettant que la grande masse que couronne Morschach a pris cette position par suite d'un affaissement lent des sédiments. Une fissure, dirigée du nord au sud, se serait produite dans la montagne de la Frohnalp, et la partie qui borde le lac, aurait peu à peu glissé dans ses profondeurs, s'abaissant ainsi de 1200^{m} environ ; l'extrémité sud aurait été redressée et renversée par l'obstacle produit par la chaîne des Rofaien, séparée de celle-ci par une faille.

Les faits observés dans cette dernière chaîne viennent confirmer, par leur analogie, cette explication. Elle est formée par une succession régulière des terrains tertiaires et secondaires, plongeant au nord, du terrain nummulitique, qui affleure à Sisikon, au terrain jurassique inférieur qui forme le pied sud de la montagne au Grunbach ; la crête présente la série régulière de ces assises. Mais, en avant de la chaîne, se trouve le massif de l'Axenberg, fragment considérable qui s'est détaché du sommet et a glissé à son pied par un affaissement d'environ 700^{m}. Ce morceau présente exactement dans le même ordre la suite des formations du nummulitique à la base du néocomien. Comme il est parcouru dans toute sa longueur par la route de l'Axen, il en résulte que celle-ci traverse deux fois cette série de couches, l'une normale et en place, entre Sisikon et la Tellsplatte, l'autre masquant la série des terrains jurassiques supérieurs des Rofaien, entre la Tellsplatte et le Milchbach ; au delà apparaît le terrain jurassique inférieur.

Dans la première chaîne secondaire du massif du Finsteraarhorn, le terrain nummulitique repose directement sur le coral-rag; dans la seconde, celle des Rofaien, sur l'urgonien; dans la troisième et la quatrième, celles de la Frohnalp et de la Hochfluh, sur le calcaire de Seewen; ces faits indiquent le temps durant lequel la première, puis la seconde chaîne furent émergées pendant l'époque secondaire, tandis que dans les deux dernières, les dépôts eurent lieu sans interruption. Ils prouvent aussi qu'il y a eu un nouvel affaissement au commencement de la période éocène.

J'indiquerai plus loin le résumé des observations de M. Stutz sur le terrain crétacé.

Nous avons résumé antérieurement (Rev. p. 1881, 179) la discussion entre M. Vacek et M. Heim, sur la théorie du double pli des Alpes glaronnaises, par laquelle Escher a cherché le premier à expliquer la disposition singulière des formations dans ces montagnes, et qui a été exposée d'une manière très détaillée par M. Heim. Cet auteur [1] vient de publier le procès-verbal d'une excursion faite en 1882 sur le terrain en discussion, par 16 géologues, qui ont adopté à l'unanimité, après examen personnel, la manière de voir de M. Heim; dans le nombre se trouvaient trois géologues étrangers, MM. Lory, de Grenoble, Rothpletz de Munich, et Vilanova, de Madrid. M. Lory ajoute à ce procès-verbal que « il ne reste plus aucun doute. Le renversement énorme du double pli glaronnais est constaté; nous sommes tous d'accord pour reconnaître la masse inférieure comme seulement éocène, et nous avons

[1] A. Heim, Die Glarner Doppelfalte. *Vierteljahrschr. naturf. Ges. Zurich*, 1882, XXVII, 180. Résumé : *Archives*, 1882, VIII, 400.

vu du vrai lias et dogger en ordre inverse sous le sernifite.» Il a exposé [1] une théorie pour expliquer le mode de formation de ce colossal renversement, théorie à laquelle M. BALTZER [2] ne peut se rallier. Enfin M. ROTHPLETZ [3] dont nous trouvons cependant la signature au bas du procès-verbal cité, admet l'existence du pli méridional, mais conteste celle du pli septentrional et explique la disposition des formations dans cette région par une faille combinée avec un glissement.

M. JACCARD [4] a constaté que des phénomènes analogues à ce double pli ont eu lieu aussi dans le Jura, quoique dans des proportions beaucoup moindres.

M. ROTHPLETZ [5] a continué ses recherches sur le rôle des failles dans la chaîne des Alpes. Il en indique deux considérables, l'une séparant le massif du Finsteraarhorn de celui du Gothard et se prolongeant jusqu'à Coire, l'autre dans les Alpes allemandes, de Hindelang, près de Sonthofen, jusque dans la vallée du Rhin, près de Feldkirch. Une autre faille coupe les deux précédentes et se dirige de Sargans dans la vallée de la Reuss.

Chaîne centrale et versant sud. La Commission géologique a publié la feuille XXIII de l'Atlas fédéral, d'après les travaux de feu GERLACH [6]. Elle s'étend du massif du Weisshorn, de la vallée de Zermatt et de celle de Challant à l'O., au lac Majeur à l'E., la limite se trouvant sur une ligne qui passe par Arona et Pallanza. Cette région est presque

[1] *Archives*, 1882, VII, 404. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1882, XI, 15.
[2] *Archives*, 1882, VII, 408.
[3] *Ibid.*, 409.
[4] *Ibid.*, 407.
[5] Rothpletz, Rôle des failles dans la géologie des Alpes. *Archives*, 1882, VIII, 414.
[6] Gerlach, Feuille XXIII de l'Atlas fédéral, à $^1/_{100000}$.

entièrement formée de roches cristallines. A l'Est ce sont des gneiss et des micaschistes qui prédominent; plusieurs masses granitiques se trouvent au S.-O. et au N.-E. du lac d'Orta ; une large zone dioritique traverse plus à l'O. toute cette région de gneiss avec la direction S. O.-N. E.; plus à l'O. encore, une autre zone dioritique moins considérable est intercalée dans les mêmes roches cristallines. La carte désigne le gneiss de cette vaste région sous le nom de gneiss supérieur, par opposition au gneiss d'Arolla, qui appartient à une époque plus ancienne. Il renferme de nombreuses intercalations de marbre blanc. Des éruptions de porphyre se trouvent au sud de cette contrée, entre Orta et Arona. Ces roches cristallines s'étendent encore à l'ouest dans le val Anzasca, les vallées de Saas, de Zermatt, le massif du Mont-Rose et la vaste région de hautes montagnes qui l'environne, mais elles sont en partie recouvertes par des terrains plus récents, les schistes de Casanna, des schistes amphiboliques, des schistes verts, puis une série de roches que l'on doit probablement rapporter au trias: quartzite, schistes lustrés, dolomie, cargneule et gypse, qui se trouvent principalement dans la vallée de Zermatt. Enfin la carte note les gisements de divers minerais, et les dépôts quaternaires, moraines, terrain glaciaire, alluvions, éboulements, etc.

Cette feuille, dont deux épreuves différentes ont été livrées au public, n'apporte pas de découvertes nouvelles. Avec les documents contenus dans les feuilles XVII, XVIII et XXII, elle avait servi de base à la publication de la carte des Alpes Pennines à $^1/_{200000}$ faite par le même auteur [1] en 1869. Depuis lors, il a de nouveau parcouru

[1] *Mémoires de la Soc. helvét.*, 1869, XXIII.

cette contrée et publié la feuille XXII, en 1871, avec certaines modifications qui furent discutées et expliquées dans le texte relatif à sa carte (Rev. pour 1872, 6); sa mort interrompit le travail de vérification qu'il avait commencé sur la feuille XXIII. M. Studer, président de la Commission, explique dans une circulaire, qu'il a jugé nécessaire de publier la feuille XXIII, telle que Gerlach l'a laissée (épreuve B), tandis que la majorité de la Commission a cru devoir publier cette feuille (épreuve A) avec les modifications conformes aux vues nouvelles émises par l'auteur pour la feuille XXII. M. Studer remarque lui-même, dans cette note, que l'épreuve dont il a pris l'initiative s'accorde avec ses propres observations aux environs de Zermatt, tandis que les recherches plus récentes de Gerlach avaient obligé celui-ci à se séparer des vues émises par cet éminent géologue. Les principales différences entre les deux feuilles consistent dans l'introduction sur celle qui est corrigée, de la dénomination de schistes de Casanna, pour des micaschistes restés indéterminés, et du remplacement d'un terrain jurassique indéterminé, dans la vallée de Zermatt, par le terrain des schistes lustrés.

M. J. de Doblhoff [1] a publié un résumé de toutes les recherches scientifiques faites sur le massif du Gothard, de 1792 à 1882, au point de vue de l'histoire, de la géographie, des diverses branches de la physique, de l'histoire naturelle et de l'industrie.

M. Stapff [2] a résumé de nouveau ses observations sur les températures observées dans le massif du Gothard.

[1] J. von Doblhoff, Die Wissenschaft auf dem S. Gotthard. *Monatsbl. des wissensch. Club in Wien*, 1882.

[2] Einige Resultate der Temperaturbeobachtungen im Gotthardtunnel. *55 Versamml. deutsch. Naturf. u. Aerzte zu Eisenach*, 1882.

Le même auteur [1] a commencé une série d'études géologiques sur la vallée du Tessin ; elles se rapportent à la structure de cette vallée, aux cordons littoraux, aux phénomènes glaciaires, aux restes préhistoriques. La première, relative à la structure de la haute vallée du Tessin, est accompagnée d'une carte et de coupes qui montrent la disposition des lignes synclinales et anticlinales dans cette région et leur rapport avec les vallées longitudinales et transversales. Nous devons renvoyer au mémoire pour la description de ces diverses lignes, ainsi que des failles et fissures qui ont eu un rôle important dans la formation même de la vallée.

La vallée du Tessin est divisée naturellement en quatre parties, qui ont reçu les noms de Bedretto, Levantine supérieure, moyenne et inférieure. Elles ont été constituées avant l'action de l'érosion qui leur a donné leur aspect actuel ; chacune est unie à la suivante, dont le niveau est bien inférieur, par une gorge étroite, marquée par des circonstances géologiques particulières.

M. Stapff décrit la structure des couches à Stalvedro, où l'anticlinale du Bedretto s'unit à celle de la Levantine supérieure, à Dazio-Grande où celle-ci s'unit à la Levantine moyenne dans les roches du Monte-Piottino, et dans la Biaschina par où cette dernière communique avec l'anticlinale de la Levantine inférieure, chacun de ces passages étant indiqué par un grand accroissement de pente ; les deux premiers passages sont dus à des failles, le dernier était ouvert. La direction des couches, les fissures et les failles de cette région ont eu une influence très directe sur

[1] Stapff, Geologische Beobachtungen im Tessinthal. *Zeitschr.*, *d. d. geol. Ges.*, 1881, 604.

la formation des vallées latérales, des ravins et des gorges, dont l'auteur décrit divers types. Enfin on peut remarquer encore que la synclinale du Gothard, qui limite au nord l'anticlinale du Haut-Tessin, n'est pas une ligne unique et continue, suivant régulièrement la crête de la chaîne, mais que, comme l'a montré la coupe du Gothard, sur une longueur de 2 à 3 kilomètres, elle est formée par une alternance de synclinales et d'anticlinales, dans laquelle les changements de directions sont fréquents et qui forment une zone centrale; c'est au Greno di Prosa seulement qu'elle coïncide avec la ligne de séparation des eaux. Au N. E. de ce point, elle passe dans l'Unteralpthal, 5 kilomètres au N. de cette ligne; au S. E., dans le Wyttenwasserthal, 1 $^1/_2$ kilom. au N. de cette même ligne. La synclinale entre le Tessin et la Maggia, qui limite au sud l'anticlinale du Haut-Tessin, ne suit pas non plus la ligne de séparation des eaux; elle forme une ligne sinueuse constituée par des éléments divers et qui se recourbe très brusquement au S. O. à son extrémité orientale, près du Pizzo-Massari.

Les porphyres des environs de Lugano ont déjà été l'objet de nombreuses études (Rev. pour 1880, 145), cependant il n'avait pas paru encore de travail spécial sur ce sujet. M. HARADA [1], utilisant les matériaux déjà réunis et les joignant à ses recherches, vient de combler cette lacune. Il décrit d'abord en traits généraux la série des formations; puis il signale la grandeur des érosions qui ont modifié le relief de cette contrée et n'ont plus laissé que de petits lambeaux des vastes masses éruptives de

[1] T. Harada, Das Luganer Eruptiv-Gebiet. *Neu. Jahrb.*, Beilage-Band II, 1882, I.

cette région. Une carte et de nombreuses coupes indiquent avec la plus grande précision les relations des porphyres entre eux et avec les terrains environnants.

Les porphyres noirs atteignent leur plus grand développement au point de bifurcation du lac de Lugano, autour du promontoire de S. Giorgio, formant ce promontoire même, la plus grande partie du M. Arbostora sur l'autre rive et la masse qui s'étend de Campione à Melano sur la rive Est. C'est une seule et même masse divisée en trois par le lac ; deux lambeaux se trouvent encore plus à l'O. au M. Pianbello et au M. Martica ; ils forment une nappe d'une puissance de 400-500^{m}, qui repose sur le micaschiste ; près de Morcote seulement, ils ont envoyé des filons dans ce terrain ; mais cette nappe est le résultat de plusieurs coulées, comme le prouvent les injections de porphyre dans cette roche même. Les minéraux qui les constituent sont dans l'ordre de l'époque de leur formation :

a Zirkon, titanite très rare, apatite abondante ; *b* magnétite en quantité variable ; *c* biotite, amphibole ; *d* piagioclase, orthoclase, quartz ; enfin beaucoup de produits de décomposition, kaolin, mica, substance chloritée, épidote, hydrate d'oxyde de fer, carbonate de chaux, quartz.

Cette roche présente en un seul point, au-dessus de Campione, une structure cristalline grenue ; partout ailleurs la structure porphyrique est très nette ; le grain est généralement fin et la couleur varie du gris clair au vert foncé ou rougeâtre, suivant la proportion et le degré de décomposition de l'amphibole et de la magnétite. Les cristaux les plus visibles sont ceux de feldspath, puis des colonnettes d'amphibole, des feuillets de biotite moins abondants et quelques grains de magnétite. L'auteur

décrit la structure microscopique de cette roche et le grand nombre de variétés observées par lui dans divers lieux ; les unes sont très basiques, les autres très peu ; mais il n'a pu observer sur place les relations entre ces deux groupes qu'il n'a reconnus que dans le laboratoire. Il a observé que : 1° le quartz et l'orthoclase de la pâte sont toujours en proportion inverse de la microfelsite et s'excluent mutuellement, ce qui ferait supposer que la microfelsite n'est pas autre chose qu'un aggrégat très fin de ces deux minéraux ; 2° l'oligoclase se développe dans la pâte au détriment du quartz et de l'orthoclase dans la même proportion avec laquelle la microfelsite s'accroît ; 3° la proportion de quartz et d'orthoclase de la pâte est toujours prédominente.

L'auteur discute ensuite les résultats des analyses de MM. de Fellenberg et Schwager, qui s'accordent très bien avec ceux que donne l'étude microscopique. Il conclut que ce porphyre noir est une porphyrite quartzifère dont la nature oscille entre la diorite quartzifère et la felsophyrite. Cette roche est fréquemment subdivisée en polyhèdres irréguliers.

Nous avons indiqué les résultats obtenus par les recherches de M. Michel Lévy (Rev. pour 1876, 127) et de M. Gumbel (Rev. pour 1877, 163) sur le porphyre rouge. Il est sorti par une série de fissures dirigées N. E.-S. O. et s'est épanché sur le porphyre noir ; il se voit surtout dans les monts Pianbello et Martica qui furent les centres d'éruption ; mais il s'étend au N. E. et se retrouve sur la presqu'île Morcote entre Figino et Félide ; des filons se voient aussi aux environs de Maroggia et de Melano et en face sur l'autre rive du lac. L'auteur réunit à ce porphyre le porphyre brun de M. Michel Lévy qui occupe la partie

nord de cette région et repose sur des tufs porphyriques ; il date de la même époque, a la même composition et les deux roches passent de l'une à l'autre.

Ce porphyre rouge a l'aspect d'une granitite à grain moyen ou fin dans laquelle on voit fréquemment des cristaux de quartz ou d'orthoclase. Les éléments qui le composent sont, dans l'ordre de leur formation : *a* zirkon, apatite; *b* magnétite ; *c* biotite ; *d* oligoclase; *e* orthoclase; *f* quartz. Il n'a pas la structure fluidale; les éléments en sont très contournés et brisés, sauf ceux du quartz qui se sont séparés les derniers. On y trouve beaucoup de cavités de grosseur variable tapissées d'orthoclase, d'albite, de quartz et de chlorite.

Au bord de la zone et dans les filons, la structure granitique passe à une structure porphyrique; cette roche présente de nombreuses variétés observées dans la masse ou dans les filons. L'auteur en donne une série d'analyses déjà connues ou nouvelles, qui indiquent qu'elle est une roche quartzifère à orthoclase. La densité est de 2,60 pour la granitite de Valgana, de 2,59 pour le felsophyre de Rovio, de 2,45 pour le vitrophyre du Monte Navio; plus la roche est basique, plus elle diminue.

Ce porphyre rouge est une nappe de granophyre avec un faciès de granitite au centre et de porphyre quartzifère à la périphérie ; le faciès central semble indiquer que sous cette nappe il y a un ou plusieurs filons de granitite terminés par des apophyses ayant l'aspect de porphyre quartzifère et de granophyre.

Negri, Spreafico et M. Taramelli ont manqué de documents pétrographiques pour distinguer ces roches du porphyre noir ; ils n'ont pas reconnu les filons qui pénètrent les porphyres noirs ou ont distingué les roches

par la couleur seule; d'autres auteurs ont commis la même erreur.

Les filons de porphyre rouge dans le noir à Rovio et Maroggia indiquent l'âge relatif de ces roches; il est confirmé par les nombreux fragments de porphyre noir contenus dans le porphyre rouge sur toute la zone périphérique où celui-ci a le caractère d'un porphyre quartzifère. Ces fragments sont souvent microscopiques; mais ils sont par places beaucoup plus gros et acquièrent même la dimension du poing.

La tourmaline est fréquente dans ces porphyres et s'observe soit dans les fissures de l'intérieur des roches, soit dans celles qui sont au voisinage des salbandes; elle forme un élément secondaire que l'auteur attribue à des fumerolles. Les tufs sont dus au porphyre rouge; ils ont jusqu'à 100^m d'épaisseur; on y trouve souvent des fragments de schistes cristallins, surtout dans les bancs inférieurs; leur épaisseur et la grosseur de leurs éléments est très variable.

L'époque d'éruption de ces porphyres est comprise entre celle du conglomérat de Manno (carbonifère moyen) dans lequel ces roches ne sont pas représentées et celle des grès et conglomérats sur lesquels repose le muschelkalk; les faits ne permettent pas de la déterminer d'une manière plus précise. L'analogie indique que leur éruption est contemporaine de celle des éruptions porphyriques du Tyrol méridional; le porphyre rouge correspondrait alors à celui de Botzen et le grès qui le recouvre à celui de Gröden; le porphyre noir n'aurait pas son correspondant.

On doit à M. Bonardi [1] quelques notes sur le massif

[1] Bonardi, Il gruppo cristallino dell'Albigna e della Disgrazia.

de l'Albigna et de la Disgrazia, au nord de la Valteline. Ce massif est formé d'une grande variété de roches, gneiss, granit, micaschistes, schistes amphiboliques, roches chloriteuses, serpentine, calcaire saccharoïde, etc. L'auteur n'a reconnu nulle part la zone cristalline ancienne. Ces roches appartiennent entièrement à la zone cristalline récente ou zone de la pierre verte; les serpentines du Val Malenco, et la pierre verte du flanc méridional de la Valteline, en forment l'horizon le plus ancien. Une partie des roches de cette formation ont été rapportées souvent à une époque assez récente, carbonifère ou triasique, mais il est probable, comme l'a démontré M. Sterry-Hunt, qu'elles appartiennent à la même époque que les roches analogues de l'Amérique, c'est-à-dire à l'époque huronienne. Quant à leur origine, l'auteur ne croit pas qu'elles puissent provenir, par métamorphisme, les unes des autres ou d'une roche unique, leur composition chimique étant trop différente, mais il pense que chaque roche s'est formée par diverses influences thermales et chimiques avec ses caractères actuels. Il donne une série d'analyses et termine en insistant sur l'importance des résultats que l'on peut obtenir par l'analyse chimique pour déterminer l'origine des roches.

M. Varisco [1] a publié, avec un texte à l'appui, une carte géologique de la province de Bergame à $^1/_{75'000}$. L'orographie n'y est pas indiquée, mais les couleurs géologiques ressortent d'autant plus nettement. Les formations sont décrites à partir des plus récentes : nous les

Studio stratigrafico e chimico-litologico. *Rendic. del R. Istit. lomb.*, 1882, XV.

[1] Varisco, Note illustrative della carta geologica della provincia di Bergamo. Bergamo, 1881.

énumérerons cependant dans l'ordre inverse. Sur les gneiss et les micaschistes qui occupent la partie septentrionale de cette région, viennent des couches carbonifères et permiennes, conglomérats, grès, quartzites, où il est difficile de faire des distinctions par suite du manque de fossiles ; puis le trias dans lequel l'auteur établit huit subdivisions ; il se rattache d'une manière générale à la classification de M. de Mojsisovics, tout en faisant des réserves sur quelques points. Au-dessus se trouvent :

Couches rhétiennes, avec une subdivision inférieure, les calcaires et marnes à *Avicula contorta*, riches en fossiles, et une supérieure, la dolomie à *Conchodon infraliasicus*; le calcaire à *Terebr. gregaria* et coraux qui correspondent au calcaire à *Lithodendron*, occupe une position intermédiaire entre ces deux horizons.

Lias, avec trois subdivisions : *a*) calcaire, dolomie et grès, pauvres en fossiles (*Amm. bisulcatus, stellaris*) ; *b*) lias moyen, calcaires en bancs épais avec *Amm. margaritatus, Algovianus*, etc. correspondant au Medolo; *c*) lias supérieur, calcaire rouge ammonitique à Amm. *bifrons, Terebr. Renieri, Posidonomya Bronni.*

Terrain jurassique, peu développé, représenté seulement par un calcaire rouge à *Aptychus* jurassique supérieur, équivalent du *calcare silicifero* de Brescia.

Terrains crétacés, occupant une zone continue de l'extrémité du lac de Côme au lac d'Iseo, renfermant quatre subdivisions : le terrain crétacé inférieur, formé par la majolica, dont la limite avec le terrain jurassique est difficile à tracer, et les *marne irridate scagliose*, marnes à fucoïdes ; le terrain crétacé moyen, formé de conglomérats à hippurites; le supérieur, formé de calcaire marneux et de grès à fucoïdes.

Terrain tertiaire, peu développé, représenté près de Bergame par quelques couches nummulitiques et pliocènes.

Terrain quaternaire, très riche en subdivisions; la carte les représente par onze teintes relatives aux terrains préglaciaires, glaciaires, postglaciaires et alluviens; l'auteur y a joint une liste des fossiles trouvés dans le bassin de Leffe, à Pianico et à Adrara, à l'ouest du lac d'Iseo (*Elephas meridionalis, Cervus dama, C. elaphus, Rhinoceros leptorhinus, Bos etruscus*, etc.).

M. Bittner [1] a publié les résultats de ses recherches dans le Val Judicaria et dans le Val Sabbia, à l'ouest du lac de Garda. Cette région comprend le massif du Corno-Vecchio, du Monte Gaverdina, du Monte-Lanina et de la Cima della Guardia; une carte géologique et deux planches de coupes accompagnent ce mémoire. Partant du terrain triasique, très développé dans cette région, il décrit toutes les formations jusqu'au terrain quaternaire. Ce terrain a déjà été étudié par M. Benecke, par M. Nelson Dale, et récemment par M. Lepsius, qui en a donné la carte géologique. Les observations de M. Bittner sont souvent en opposition avec celles de ce dernier auteur.

Cette région est partagée en deux parties par une ligne géologique très importante, nommée la ligne de la Judicarie, qui se dirige du S.-S.-O. au N.-N.-E., du lac d'Idro à Thione, et se prolonge encore plus au nord. Elle se joint à son point de départ à une autre ligne aussi remarquable, qui passe Lodrone, Bagolino et Collio, dans le Val Trompia. Ce sont deux grandes lignes de fracture

[1] A. Bittner, Ueber die geologischen Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia. *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst.*, 1881, XXXI, 219.

longitudinales qui se tiennent à des distances à peu près égales de l'Adamello et séparent les terrains triasiques en couches presque horizontales du pied de ce massif, des couches triasiques très bouleversées situées au S.-E. et au sud de ces lignes.

L'auteur donne une description minutieuse des formations et de leurs divers affleurements. Commençant par les dépôts triasiques, il décrit : 1° les couches de Werfen; 2° le muschelkalk avec deux divisions principales ; 3° le trias supérieur formé de : *a* les couches de Buchenstein; *b* celles de Wengen, dans lesquelles il reconnaît trois subdivisions : couches à *Daonella* (S. Cassian), calcaire coralligène (Esino) et couches à facies de Raibl, et enfin *c* la dolomie principale qui a jusqu'à 4000 pieds de puissance ; celle-ci est surmontée des couches rhétiques qui la séparent du lias. MM. N. Dale et Lepsius ont fait d'importantes découvertes de fossiles dans le lias de cette région. Il diffère de celui qui est à l'est du lac de Garda où domine le facies des calcaires gris (Rev. pour 1881, 274) et l'on y trouve des fossiles des étages moyens et supérieurs ; il est en majeure partie l'équivalent du Medolo, bien que quelques couches appartiennent à des horizons plus anciens. A la partie supérieure se trouve deux bancs que l'auteur nomme couches à Rhynchonelles, caractérisées par le *Rh. Clesiana* Leps., et *Vigilii* Leps., (couches à *Rh. bilobata* Ben.), et dont il est difficile de dire si elles sont liasiques ou jurassiques. Au-dessus viennent la zone à *Amm. acanthicus,* et les calcaires à *Ter. diphya,* peu fossilifères. Le terrain jurassique est donc très pauvrement représenté dans cette région comparativement à la richesse d'horizons et de fossiles qui le distingue à l'E. du lac de Garda. Le terrain crétacé est cons-

titué par deux horizons connus, le *biancone* et la *scaglia*; le terrain éocène est représenté par un affleurement nummulitique à *Serpula spirulaea, Nummulites complanata* et *N. spira* et par quelques lambeaux de roches semblables au flysch.

Les chaînes secondaires des Alpes présentent dans la Judicarie des plis et des renversements aussi nombreux que dans les chaînes secondaires du versant septentrional, avec lesquelles leur structure offre une symétrie parfaite. Ce fait n'est pas isolé. Tandis que M. Suess signalait en 1875 la structure unilatérale des Alpes, indiquant comme des exceptions locales, les plissements des terrains alors connus, à Schio, dans le Val Sugana et en Istrie, les recherches faites depuis lors le long du versant méridional des Alpes orientales prouvent qu'il s'agit là d'un phénomène aussi général que sur le versant septentrional, que la structure de la chaîne est symétrique, et que le versant sud a subi les mêmes influences que le versant nord. On reconnaît nettement dans les plissements des couches le résultat d'une action venant du centre de la chaîne. M. Bittner révoque donc en doute la théorie de M. Suess et il combat vivement M. Lepsius qui a cherché à en faire une application à cette contrée.

M. Pichler [1] a attiré l'attention sur des gisements de roches basaltiques qui se trouvent dans le Tyrol méridional, à l'est du lac de Garda, dans un district dont Mori occupe à peu près le centre et dont Malcesine, à l'ouest du Baldo, marque l'extrémité méridionale. Les tufs basaltiques sont abondants et alternent avec les couches du terrain nummulitique inférieur. Le basalte est en place à

[1] A. Pichler, Beiträge zur Geognosie Tirols. *Neu. Jahrb.*, 1882, II, 283 (corresp.).

Isera, près de Roveredo. L'auteur en donne la description ; il ajoute quelques détails sur la granitite de Brixen, dans laquelle il avait indiqué de la serpentine qui n'est autre chose que de la chlorite, et sur le porphyre de Botzen.

La province de Vérone a été décrite par M. E. Nicolis [1]. Elle embrasse une vaste plaine et les derniers contreforts des Alpes sur les deux rives de l'Adige, à l'est du lac de Garda. Les terrains mésozoïques et cénozoïques sont seuls représentés dans cette contrée qui a fourni des données paléontologiques très importantes. La formation la plus ancienne est une dolomie presque sans fossiles, qui appartient au lias. Elle est recouverte par les calcaires gris phylladiques, sur l'âge desquels on a beaucoup écrit depuis quelques années (Rev. pour 1881, 274). Ils commencent par des bancs d'oolithe blanche et de calcaire compact, au-dessus desquels viennent les couches à *Terebratula Renieri* Cat., *Rotzoana* Schaur., *Lithiotis problematica* Gumb. ; la *Terebratula Rotzoana* se retrouve dans des couches plus élevées, qui contiennent toute la flore de Rotzo, décrite par Zigno et synchronisée par lui avec l'oolithe de Scarborough ; ils se terminent par des calcaires gris à *Lithiotis*.

A cette série succèdent les calcaires jaunes oolithiques, renfermant les couches à *Harpoceras Murchisonæ* du cap S. Vigilio et les couches à *Posidonomya alpina*, puis la série jurassique supérieure : zone à *Amm. transversarius*, zone à *Amm. tenuilobatus* et *acanthicus* et couches à *Ter. diphya*. Les terrains crétacés inférieurs et moyens sont peu développés et pauvres en fossiles ; la *Scaglia rossa*

[1] Enrico Nicolis, Note illustrative alla carta geologica della provincia di Verona. — Carta geologica a $^{1}/_{75,000}$, Verona, 1882.

(crétacé supérieur) renferme au contraire une faune abondante. Puis vient toute la grande série des terrains nummulitiques (Spilecco, M. Bolca, S. Giovanni Ilarione, Ronca, Priabona) et tongrien (M. Moscal et M. Baldo); enfin les terrains quaternaires (glaciaire et postglaciaire). Ce travail renferme des listes des fossiles trouvés dans les nombreux gisements de cette contrée et des notes bibliographiques détaillées. La carte à une grande échelle mais à laquelle manque l'orographie, indique nettement au premier coup d'œil la distribution des formations.

L'auteur [1] avait publié auparavant une description de la formation éocène comprise entre la vallée de l'Adige et celle d'Illasi. Ce terrain y est très développé et remarquable par le grand nombre de ses horizons et la richesse de sa faune.

PLAINE. Nous extrayons de la statistique agricole du canton de Genève, faite par M. ARCHINARD [2], un calcul sur les espaces occupés dans ce canton par les diverses formations géologiques; la carte de M. A. FAVRE a servi de base à ces mesures, dont voici le résumé :

DISTRICTS	Molasse.	Gravier, sable et conglomérat.	Argile glaciaire.	Alluvions.	Sable et sablon.	Alluvion moderne.	Marais, t urbe.	TOTAL
Nord de Rhône et Lac.	479	54	7035	932	166	333	17	9016
Entre Arve et Lac...	31	72	5182	609	102	720	87	6803
Entre Arve et Rhône.	48	96	4456	1721	621	473	64	7479
	558	222	16673	3262	889	1526	168	23298

[1] Nicolis, Note sulle formazioni eoceniche compresa fra la valle dell' Adige, quella d'Illasi ed i Lessini. *Chron. Alp.* Verone, 1879—1880.

[2] Archinard, Statistique agricole du canton de Genève. Extr. *du Bull. de la classe d'agricult.*, 1883, IX.

Il résulte de ce tableau que la proportion de la surface du canton, occupée par chaque terrain, est la suivante :

Argile glaciaire	71 ½	%
Alluvions postglaciaires des plateaux	14	»
Alluvions modernes	6 ½	»
Sables et sablons	4	»
Molasse	2 ½	»
Alluvions anciennes	1	»
Marais	¾	»

JURA. M. BOURGEAT [1] a publié une note sur la structure du Jura, entre Genève et Poligny. Cette région a la forme d'un parallélogramme allongé, comprenant d'une part la haute chaîne de la Faucille, de l'autre les affleurements keupériens de Salins, de Poligny et de Lons-le-Saunier. De la plaine triasique de Poligny aux abrupts qui limitent à l'orient la vallée de l'Ain, on rencontre successivement, venant mourir en biseau vers l'ouest, la plupart des étages compris entre le trias et le miocène. Au delà de la Combe-d'Ain, l'épaisseur des couches supratriasiques est sensiblement uniforme.

Comme le Jura bernois et le Jura bisontin, cette partie du Jura présente deux espèces d'accidents orographiques, les soulèvements en voûtes et les failles ; les premiers affectent surtout les régions élevées ; l'abrupt y est généralement en regard de la France ; les failles affectent de préférence les régions basses et c'est ordinairement la lèvre tournée vers l'ouest qui est portée le plus haut. Les soulèvements en voûtes se trouvent dans la zone où

[1] Bourgeat, Note orographique sur la région du Jura comprise entre Genève et Poligny. *Comptes rendus Académie des Sciences*, 1882, XCV, 1302.

l'épaisseur des sédiments supratriasiques est sensiblement uniforme, c'est-à-dire au levant de la Combe-d'Ain ; il y en a cinq principaux, presque équidistants, éloignés l'un de l'autre de cinq kilomètres environ.

Les failles se montrent surtout à partir de la ligne où l'épaisseur de ces sédiments s'atténue; leur distance décroît avec cette épaisseur ; il y en a sept principales, dont trois à l'orient de Poligny, et quatre sur la lisière des formations tertiaires de la Bresse. Nulle part on ne voit, comme l'avait cru Pidancet, les failles former obstacle au développement des soulèvements en voûte; mais on constate souvent un passage des uns aux autres. Ils sont coupés sous un angle d'environ 62°, par des cassures transversales dont la direction est celle des principales cluses du Jura. L'auteur en a compté cinq sur une largeur de 35 kilomètres; la plus orientale est celle de Salins à Saint-Cergues. Toutes ces particularités ne peuvent être attribuées à un soulèvement produit par des impulsions verticales, mais elles sont dues à un refoulement latéral venu de l'est et accompagné de torsions, conformément aux expériences de M. Daubrée. C'est après le dépôt de la mollasse qu'a dû avoir lieu la dernière impulsion, due peut-être à un contrecoup du soulèvement des Alpes.

M. BERTRAND[1] a décrit une série de failles secondaires accompagnant, entre Besançon et Salins, les grandes failles qui, sur le bord du Jura, s'alignent à peu près parallèlement à la chaîne. Une des plus nettes se voit au sud de Vorges, à 13 kilom. au S.-O. de Besançon, et a eu pour effet de faire reposer le bajocien inférieur sur le corallien

[1] **Bertrand, Failles de la lisière du Jura entre Besançon et Salins.** ***Bull. Soc. géol. de France*, 1882, X, 114.**

supérieur et l'astartien, superposition visible sur une longueur de 300ᵐ et dans laquelle la ligne de séparation de ces formations est fortement ondulée. Pidancet s'appuyait sur une coupe fausse de cette région pour dire que les failles ont formé un véritable obstacle au développement des ploiements réguliers, qui les rencontrent souvent en formant avec elles des angles aigus. L'auteur remarque au contraire que les plissements, au voisinage des failles, s'infléchissent parallèlement à leur direction.

Aux environs de Besançon, une des failles les plus connues est celle des Trois-Chatels ; elle offre une surface irrégulière à courbure et à inclinaison variables que l'auteur représente par une série de coupes. Elle a eu pour résultat d'intercaler une série d'assises jurassiques repliées en V et limitées par ces failles, entre deux autres séries, de manière que ce V s'appuie d'un côté au terrain le plus récent, de l'autre au terrain le plus ancien. La position respective de ces formations se complique beaucoup sur le parcours de cette faille.

Aux environs de Salins, le Mont-Poupet est placé dans l'angle de rencontre des failles N.-S. venant de Quingey et de la faille N.E.-S. O. venant de Nans-sous-Sainte-Anne. Elles donnent lieu aussi à des dispositions compliquées qui, comme les précédentes, ont placé dans des superpositions anormales des bandes ou paquets larges souvent de deux kilomètres dans lesquels la succession des couches est parfaitement régulière, ce qui prouve qu'ils ne sont pas le résultat de simples éboulements.

Ces phénomènes, qui ne jouent du reste qu'un rôle secondaire dans la structure de cette région, se poursuivent jusqu'au delà de Lons-le-Saunier.

M. Ausfeld [1] a donné une description géologique des environs de Rheinfelden, à l'est de Bâle, contrée limitrophe de la Forêt-Noire et du Jura, et qui doit à cette situation un intérêt particulier. La Forêt-Noire a été soulevée après le dépôt du grès vosgien (grès bigarré inférieur), et resta dès lors émergée, tandis que le sol qui constitue aujourd'hui le Jura était soumis à beaucoup d'oscillations et ne fut définitivement soulevé qu'à une époque beaucoup plus récente. Le massif cristallin de la Forêt-Noire est séparé des chaînes du Jura, dans lesquelles les couches sont très contournées par le plateau du Jura où ces mêmes formations sont restées sensiblement horizontales. Les sondages faits pour trouver de la houille, au Weiherfeld près de Rheinfelden, ont atteint le granit à 367^{m} de profondeur, à une distance de 12 kilomètres environ des roches cristallines de la Forêt-Noire; un autre sondage fait à Schleitheim, pour trouver du sel, a rencontré le granit à 157^{m}. Il semble donc que le plateau du Jura repose sur le granit qui, se trouvant à une petite profondeur, a protégé cette région contre les plissements qui ont bouleversé la région voisine et que la limite souterraine du massif de la Forêt-Noire se trouve entre ces deux parties si diverses du Jura. Du reste, si le plateau du Jura ne présente pas d'ondulations de couches, il est riche en failles et en glissements qui en compliquent aussi la structure.

L'auteur décrit la disposition des terrains triasiques, le muschelkalk et le keuper, et les gisements de sel contenus dans cette formation. La production totale des gisements

[1] Ausfeld, Geologische Skizze der Gegend von Rheinfelden. *Mittheil. der Argau. naturf. Ges.*, 1882, III, 83.

de Rheinfelden et de Rybourg a été de 201,567 mètres cubes en 1880.

M. MUHLBERG[1] a publié un résumé des travaux éxécutés dans le canton d'Argovie pour la recherche de la houille. Divers essais ont été faits dès le commencement du siècle; ils se sont multipliés de 1837 à 1873. Nous avons rendu compte ici des tentatives les plus récentes et les plus sérieuses faites à Rheinfelden et à Zeiningen (Rev. pour 1877, 163); la dernière opérée sur ce point a été un trou de sonde poussé au pied du Sonnenberg jusqu'à 670 pieds et qui a pénétré seulement dans une partie du keuper. L'auteur a joint à ce résumé une coupe géologique de la contrée. La conclusion de toutes ces recherches est que le terrain houiller proprement dit n'y existe pas. De petits lits de houille se trouvent dans le keuper et dans le lias; mais ces terrains affleurent sur un assez grand nombre de points pour qu'il soit inutile de les rechercher ailleurs par des sondages; les tunnels du Hauenstein et du Bötzberg qui ont traversé toutes les formations du terrain jurassique au muschelkalk ont d'ailleurs donné des résultats absolument négatifs à ce point de vue. La molasse est aussi très pauvre en houille. Bien des tentatives ruineuses et infructueuses auraient été évitées si la science avait été consultée avant leur entreprise.

La coupe donnée par l'auteur représente les nombreuses dislocations du plateau du Jura compris entre le massif de la Forêt-Noire et les chaînes jurassiennes. Les couches y sont horizontales ou peu inclinées, une série

[1] Mühlberg, Uebersicht der Steinkohlenbohrversuche im Aargau. *Mittheil. der Aargau. naturf. Ges.*, 1882, III, 184.

de failles verticales font affleurer à la surface et mettent parallèlement en contact immédiat le muschelkalk, le grès bigarré, le terrain jurassique ; le Weiherfeld au bord du Rhin est le point où ces failles amènent à la surface le terrain le plus ancien et où l'épaisseur devait être la moindre pour trouver la houille ; c'est là que le sondage est venu butter sur les terrains cristallins (granit et dirite) après avoir traversé le permien.

Le même auteur [1] a ajouté quelques détails au rapport qui a été fait antérieurement sur la recherche de la houille près de Zeiningen (Argovie).

WURTEMBERG. M. FRAAS [2] a résumé les recherches géologiques faites dans le Wurtemberg, le grand-duché de Baden et la principauté de Hohenzollern, dans une carte géologique murale à $^1/_{280,000}$, accompagnée d'un volume de texte explicatif. Elle comprend 15 subdivisions : 2 pour les roches cristallines (gneiss et granit), 1 pour les roches éruptives, 1 pour le permien, 4 pour le trias (grès bigarré, muschelkalk, lettenkohle, keuper), 1 pour le lias, 2 pour les terrains jurassiques (jura brun et jura blanc), 1 pour le tertiaire, 3 pour les terrains quaternaires. Le texte donne la description des diverses formations dont un grand nombre sont très riches en fossiles. L'auteur examine dans l'introduction les conditions de leur dépôt, le mode de soulèvement, l'influence sur ces terrains du système du Rhin et de celui des Alpes qui se partagent cette contrée, les failles, dislocations, et éro-

[1] Mühlberg, *Mittheil. der Aargau. naturf. Ges.*, 1882, III, XIV.

[2] Fraas, Geognostische Wandkarte von Würtemberg, Baden und Hohenzollern, nach den officiellen Landesaufnahmen bearbeitet, Stuttgart, 1882. Echelle $^1/_{280,000}$. Geognostische Beschreibung von Würtemberg, Baden und Hohenzollern, 1882.

sions qui ont produit successivement l'état actuel. Enfin un chapitre important est consacré au terrain glaciaire et aux formations superficielles. La partie septentrionale de la Suisse est aussi figurée sur cette carte.

Minéraux, roches, géologie dynamique, etc.

Nous mentionnons seulement pour mémoire la nouvelle classification des roches faite par M. Renevier [1], basée sur leur mode de formation. Cette classification a aussi été publiée dans le rapport annuel du même auteur sur la marche du musée géologique vaudois.

Minéraux. M. Spezia [2] a décrit un béryl trouvé près de Craveggia, dans le Piémont, au bord du sentier qui conduit à l'Alpe Marco. Il est contenu dans une pegmatite graphique, au milieu d'amas de quartz et de mica, disséminés dans une masse quartzeuse et feldspathique ; on trouve aussi dans cette roche quelques grenats et tourmalines. L'analyse a donné les résultats suivants :

Silice	65,12
Alumine	19,65
Glucine	11,49
Oxyde de fer	0,67
Magnésie	0,48
Chaux	traces
Perte au feu	1,95
	99,36

[1] E. Renevier, Classification pétrogénique, soit groupement des roches d'après leur mode de formation. *Archives*, 1882, VIII, 70. Rapport sur la marche du musée géologique vaudois en 1881. *Bull. Soc. vaud.*, 1882, XVIII, 81.

[2] G. Spezia, Sul Berillo di Craveggia (Piemonte). *Atti d. Accad. Sc. Torino*, 1882, XVII, 521.

L'auteur a ajouté quelques détails sur les vacuoles contenues dans les cristaux et renfermant des liquides.

On a signalé depuis longtemps l'existence du corindon en petits prismes hexagonaux d'un bleu clair dans la protogine de la Mer de Glace, vallée de Chamonix. M. Des Cloizeaux[1] en a étudié récemment les cristaux et reconnu qu'ils appartiennent en réalité au béryl. Cette conclusion, à laquelle il est arrivé par l'examen de leur caractère optique et de leur fusibilité, est conforme à celle que M. Spezia avait tirée de leur analyse chimique (Revue pour 1875, 356).

On trouve sur la crête qui sépare la vallée du Tesso de celle de la Stura de Lanzo, entre le Rocco del Casello et la Punta del Menej, à deux heures environ de Lanzo, un schiste chloriteux qui renferme de grands cristaux d'une tourmaline noire. M. Mattirolo[2] a décrit et analysé la roche et les cristaux qui y sont renfermés, ces derniers appartiennent au groupe de la tourmaline ferro-magnésienne de Rammelsberg.

M. Websky[3] a décrit un groupe de cristaux de phénakite, trouvés près du glacier du Rhône et acquis par le musée de Berlin. Leur densité est de 2,966, c'est-à-dire identique à celle de la phénakite de l'Oural ; ce minéral, très rare, n'a encore été trouvé qu'à Framont (Alsace) et dans cette chaîne de montagnes.

[1] Des Cloizeaux, Cristaux de béryl de la Mer de Glace. *Bull. Soc. minéral. de Fr.* 1881, IV, 94; 1882, V, 142.

[2] Mattirolo, Sulla tormalina nera nello scisto cloritico di monastero di Lanzo (Valle di Terro). *Atti R. Accad. d. Sc. Torino*, 1882, XVII, 419.

[3] Websky, Ueber das Vorkommen von Phenakit in der Schweiz. *Monatsber. d. Berl. Ak.*, nov. 1881. *Neu. Jahrb. für Miner.*, 1882, I, 207.

En 1847, M. Sandberger reconnut que le minéral qui constitue les schistes talqueux du Taunus n'est pas le talc; les analyses de N. List, qui le nomma séricite, prouvèrent que c'est un silicate hydraté de magnésie et de potasse. Il fut ensuite souvent étudié et reconnu dans un grand nombre de terrains des contrées les plus diverses. M. DE GRODDECK [1] a fait l'étude des roches qui le renferment dans trois contrées où elles accompagnent des gisements de minerais : 1° Holzappel sur la Lahn, Willmich et Weslau sur le Rhin; 2° le Mitterberg dans les Alpes de Salzbourg; 3° Agordo dans les Alpes vénitiennes.

Voici des analyses des séricites de ces divers gisements :

	Holzappel.	Mitterberg.	Agordo.	Weslau.
Silice	44,63	44,96	44,92	45,58
Magnésie	36,24	35,73	38,22	36,76
Oxyde de fer	3,02	2,69	1,01	1,13
Oxydule de fer	—	—	0,48	—
Oxyde de cuivre	0,04	0,14	0,01	0,03
Chaux	0,49	0,77	0,37	—
Magnésie	0,40	0,54	0,66	0,85
Potasse	9,39	8,78	7,49	9,29
Soude	1,62	1,52	2,21	1,36
Eau	4,17	4,87	4,63	5,16
	100	100	100	100,16

Ces analyses confirment les recherches de LASPEYRES [2], suivant lesquelles la séricite n'est pas un minéral particulier, mais un mica potassique crypto-cristallin. Dans le

[1] A. von Groddeck, Zur Kenntniss einiger Sericitgesteine, welche neben und in Erzlagerstätten auftreten. *Neu. Jahrb.* Beil.-Band, II, 1882, 72.

[2] Voy. Laspeyres, Der Sericit. *Groth's Zeitschr. für Krystall. u. Miner.*, 1880, IV, 244.

premier des gisements indiqués, une partie de la roche paraît être une roche éruptive métamorphique, probablement une diabase ; dans une autre partie, ainsi qu'au Mitterberg et à Agordo, elle est probablement produite par le métamorphisme des schistes argileux normaux et de ceux de la grauwacke.

L'auteur pense que beaucoup de schistes analogues à ceux-ci dans le voisinage de filons devront être attribués aux roches à séricite.

Il constate que ces gisements de minerais, auxquels ces roches sont associées, sont tous des filons-couches, que c'est l'injection de ces minerais qui a produit le métamorphisme et que la présence ou l'absence de roches à séricite paraît devoir être un critère pour connaître si les gisements métallifères sont des couches ou des filons.

M. A. Brun[1] a publié une série d'analyses de roches et de minéraux des Alpes. Ce sont :

1. Pérowskite des schistes chloriteux du Rympfischwäng, dans le voisinage du col de l'Adler, près de Zermatt.
2. Desmine du glacier de Viesch (Valais).
3. Albite d'un bloc de protogine du glacier de Trélatête (Mont-Blanc).
4. Orthoclase de la protogine des Tournettes (Mont-Blanc).
5. Ripidolithe de la protogine provenant des moraines du glacier d'Argentières.

Parmi les minerais de fer trouvés à Cogne dans le Val d'Aoste, l'un d'eux, la magnétite compacte du filon appelé Licone, a été étudiée par M. Zecchini[2]. Elle se trouve dans une masse de serpentine et au point central des gise-

[1] A. Brun, Mineralogische Notizen. *Zeitschr. für Krystallogr.*, 1882, VII.

[2] Zecchini, Sulla Magnetite compatta di Cogne (Valle d'Aosta). *Atti R. Accad. Sc. di Torino*, 1882, XVII, 329.

ments métallifères de cette région. Elle est formée de très petits cristaux et sa constitution rappelle tout à fait celle des amas de magnétite disséminés dans la serpentine de Verrayes et étudiés par M. Cossa[1]. Sa densité est de 4,73.

L'analyse donne le résultat suivant :

Eau	0,60
Silicates insolubles et silice libre	5,54
Oxyde ferreux	18,09
Oxyde ferrique	73,47
Magnésie	1,65
Chaux	0,55
Oxyde de cobalt	0,21
Oxydes de nickel et de chrome	traces
	100,11

Le résidu insoluble a la composition suivante :

Eau	11,87
Silicates anhydres	43,15
Oxyde ferreux	4,10
Magnésie	40,31
Chaux	traces
	99,43

composition qui se rapproche assez de celle des silicates magnésiens cristallisés.

M. Seligmann[2] a donné quelques détails nouveaux sur les cristaux d'anatase du Val Binnen, qu'il a décrits précédemment (Revue pour 1881, 197).

Après une introduction relative à la position géographique et à la structure géologique des Alpes valaisannes,

[1] Ricerche microscopiche e chimiche..., 1881, 119.

[2] Seligmann, Ueber Anatas aus dem Binnenthal. *Neu. Jahrb.*, 1882, II, 281 (corresp.).

M. V. Deshayes[1] donne une description des gisements de nickel et de cobalt des vallées d'Anniviers et de Turtmann. Ils se trouvent dans des schistes gris et verts talqueux, chloritiques et amphiboliques; une vingtaine de gisements de minerais sont réunis là dans une zone de 4 kilom. de longueur et de 1 $^1/_2$ kilom. de largeur. Les travaux sont concentrés autour du village d'Ayer, dans le Val d'Anniviers (mines de la Gollyre et du Grand Praz); dans la vallée de Turtmann, sur le versant nord de la crête d'Omberenza et sur la crête qui sépare les deux vallées, au Plantorin. Il existe de plus dans le Val d'Anniviers des filons de cuivre pyriteux et de cuivre bismuthi-argentifère; un filon de nickel et de cobalt a aussi été trouvé au Morasse, près du val de Zinal, et trois filons de cuivre gris argentifère entre St-Luc et Ayer.

La gangue des filons-couches de cuivre et des filons-fentes de nickel et de cobalt est un braunspath composé de carbonate de chaux, magnésie, fer et manganèse, et ressemblant à celui des mines de Schaldming en Styrie. L'analogie avec ces mines est encore accrue par le fait que ces divers gisements contiennent, parallèlement aux couches, des bancs de pyrite; les principales concentrations des minerais de nickel et de cobalt se trouvent aux lignes d'intersection des filons du braunspath avec ces bancs pyriteux. Dans toute la chaîne des Alpes autrichiennes, on a constaté le rôle important que jouent ces bancs de pyrite dans la recherche des filons riches. La puissance des gisements de la vallée de Turtmann est de $0^m,15$ à 1^m, celle des gisements du Val d'Anniviers de

[1] V. Deshayes, Note sur les richesses minérales des Alpes valaisannes. *Bull. du Club alp. franç.*, 1881, VIII, 435.

0m,50 à 2m; le minerai compact des deux vallées varie de 0m,10 à 0m,45; le gîte le plus puissant paraît être celui de Plantorin.

Le minerai du Val d'Anniviers est plus spécialement le nickel arsenical rouge ou blanc; le premier contient 56 °/₀ d'arsenic, 44 °/₀ de nickel, le deuxième (chloantite) 72 °/₀ d'arsenic, 28 °/₀ de nickel. Ces deux variétés sont toujours mêlées avec

1° la smaltine à	72 °/₀ d'arsenic. 28 °/₀ de cobalt.
2° la smaltine ferrifère à......	72 °/₀ d'arsenic. 7 à 14 °/₀ de fer. 21 à 14 °/₀ de cobalt.
3° un peu de cobaltine à......	65 °/₀ d'arsenic et de soufre. 35 °/₀ de cobalt.

Il en résulte un mélange qui, trié au marteau, donne

24 à 36 °/₀ nickel et cobalt	20 à 30 °/₀ nickel 4 à 6 °/₀ cobalt	où le nickel rouge domine.

ou bien

12 à 20 °/₀ nickel et cobalt	7 à 12 °/₀ nickel 5 à 8 °/₀ cobalt	où le nickel blanc et la smalt. dominent.

La moyenne de 3000 quintaux exploités en un an a été de

13 °/₀ nickel 7 °/₀ cobalt	20 °/₀ nickel et cobalt.

2 °/₀ de fer.
50 °/₀ d'arsenic (avec 0,5 à 2 °/₀ de soufre).
28 °/₀ gangue de braunspath et quartz.

et une autre année 24 °/₀ de nickel (16 °/₀) et cobalt (8 °/₀).

Le minerai de Plantorin a à peu près la même composition.

Parmi les filons de Turtmann, un seul a fourni du nickel rouge mélangé de nickel blanc et de smaltine; il rend 13 % de nickel (8 %) et de cobalt (5 %). Les rendements indiqués sont obtenus par un simple triage au marteau; aucun minerai connu n'arrive au titre total des minerais d'Anniviers; on peut opérer leur traitement sur de grandes quantités sans trouver trace de cuivre, d'antimoine, etc. Les avantages de ces gisements sont donc considérables.

M. Muhlberg [1] a décrit quelques concrétions de blende qu'il a trouvées dans la grande oolithe du Jura argovien. L'une d'elles a la grosseur d'un œuf de poule; une des extrémités de la cavité est remplie jusqu'au tiers d'une bande spathique brune à cristallisation indistincte et le reste est occupé par des scalénoèdres de carbonate de chaux; d'autres ont des dimensions encore plus considérables; ces deux minéraux y sont toujours associés.

M. Dieulafait a montré antérieurement [2] que le zinc existe à l'état de diffusion complète et en quantité sensible dans toute l'épaisseur de la formation primordiale et dans les terrains sédimentaires qui en dérivent directement. Il traite dans une nouvelle note [3] de la diffusion du zinc dans les terrains dolomitiques. Les recherches sur ces terrains ont amené l'auteur à reconnaître que la pré-

[1] Mühlberg, Zinkblende im Rogenstein des Argauer Jura. *Mittheil. d. Aargau. naturf. Ges.*, 1882, III, 181.

[2] *Ann. de Chimie et de phys.*, 1881, XX.

[3] Dieulafait, Existence du zinc à l'état de diffusion complète dans les terrains dolomitiques. *Comptes rendus Acad. des Sc.*, 1883, XCVI, 70.

sence des matières bitumineuses déjà signalées dans quelques dolomies est un fait général et que les roches dolomitiques contiennent constamment de l'ammoniaque dans des proportions qui ont quelquefois dépassé un kilogramme par mètre cube de roche. Il en conclut, non seulement que les dolomies sont des roches sédimentaires, mais qu'elles se sont produites dans des eaux riches en matières organiques, c'est-à-dire dans des golfes presque fermés ou même dans de véritables estuaires. Comme l'auteur a reconnu, dans le mémoire indiqué plus haut, que la concentration du zinc s'effectue encore sous nos yeux dans les estuaires de la période moderne et qu'il existe une relation étroite entre le magnésium et le zinc, il a été conduit à rechercher la présence de ce métal dans les dépôts dolomitiques en France et en Suisse. Il l'a constaté en proportions variables dans quatre horizons : le muschelkalk, les dolomies du trias supérieur, l'infralias et les dolomies jurassiques supérieures. Les minerais de zinc, et particulièrement le zinc carbonaté, sont toujours en relation directe avec les roches dolomitiques. Ces faits prouvent donc qu'ils sont contemporains des calcaires dolomitiques qui les renferment. Ces minerais existant dans des roches d'âges très différents, les mêmes circonstances exceptionnelles, dont le trait caractéristique est le dépôt abondant de carbonate de magnésie, ont dû se reproduire chaque fois.

Roches. Il y a à Beura, dans la vallée d'Ossola, de grandes exploitations d'une roche gneissique, qui datent déjà de plusieurs siècles. Cette roche est comprise, suivant Gerlach, dans la zone de gneiss récent du Mont Rose, à deux kilomètres d'une zone amphibolique qui sépare, d'après le même auteur, ce gneiss de celui de Valsesia.

M. Spezia[1] a donné la description de cette roche, qui est dirigée N. 63° E. et dont l'inclinaison varie entre 66° S. et 85° N. Il en décrit la nature dans ses diverses parties et les éléments constitutifs qui sont dans l'ordre de leur fréquence : quartz, tourmaline, chlorite, orthose, mica, staurotide, cianite, laumontite, calcite, fluorite, ménaccanite, limonite, pirite, pirrotine, marcassite, stilbite, titanite, apatite, anatase. On trouvera dans ce mémoire des détails sur la nature et la distribution de ces minéraux avec de nombreuses figures explicatives.

Les phyllades quartzifères compris dans les environs d'Innsbruck entre les micaschistes et les schistes de la Wildschönau (grauwacke) ont été étudiés par MM. Pichler et Blaas[2]. Ils sont composés de séricite très abondante, de moscovite, de chlorite et de quartz; les minéraux accessoires sont le graphite, la tourmaline, le rutile, l'apatite, le fer oligiste, la calcite, etc., plus des injections de divers minerais; le développement de la chlorite amène par places des intercalations de schistes chloriteux ; on y trouve aussi quelques bancs calcaires. Cette roche était probablement d'abord une roche cristalline qui aura été redissoute après sa formation; on n'y trouve pas d'éléments clastiques.

M. Williams[3] a trouvé sur le bord de la Stura, près de Turin, entre Germagnano et Lanzo, des cailloux dont le gisement est encore inconnu et qui contiennent

[1] G. Spezia, Cenni geognostici e mineralogici sul gneiss di Beura. *Atti Accad. Sc. Torino*, 1882, XVII.

[2] A. Pichler und J. Blaas, Die Quarzphyllite bei Innsbruck. *Tschermak's Miner. und petrogr. Mittheil.*, 1882, IV, 503.

[3] G.-H. Williams, Glaucophangesteine aus Nord-Italien. *Neues Jahrb. für Miner.*, 1882, II, 20.

de la glaucophane. L'un d'eux est une éclogite qui paraît se rapprocher de celle de Syra, dans l'Archipel grec; elle est formée d'un mélange de glaucophane, de grenat et de quartz ; le premier minéral formant plus de la moitié de la masse. On y trouve aussi beaucoup de rutile, et un peu de pyroxène et de pyrite; le rutile est le minéral le plus ancien. Un autre échantillon contient beaucoup d'amphibole et de pyroxène; le troisième renferme surtout du pyroxène (omphacite) et accessoirement de la glaucophane, du quartz, du rutile et de la pyrite. Des roches de même nature ont aussi été trouvées à Zermatt[1] et dans le val d'Aoste (gastaldite). Elles sont très abondantes dans l'Archipel grec.

M. Taramelli[2] a publié des notes recueillies dans des excursions destinées à étudier les serpentines dans diverses parties de l'Italie et à en recueillir les échantillons. Il commence par décrire les divers affleurements de roches vertes, et leurs rapports avec le gneiss et les calcaires saccharoïdes dans la Valteline, d'abord dans le Val Malenco, puis dans les environs de Poschiavo, entre cette ville et Grossoto, et aux environs de Chiavenna, indiquant des faits nouveaux, discutant et corrigeant les observations de ses devanciers Théobald, Escher, Curioni et Rolle.

Il poursuit ses recherches dans l'Apennin, puis dans le Piémont et la Ligurie, décrivant la vallée de la Varaita, le Mont Viso, les environs de Demonte, puis ceux de Mondovi et de Savone, et se rattachant tout à fait à la classification de Gastaldi sur la zone de la pierre verte.

[1] Bodewig, *N. Jahrb.*, 1876, 771; Struve, *N. Jahrb.*, 1876, 664. Costa, *N. Jahrb.*, 1880, I, 162.

[2] Taramelli, Osservazioni geologiche fatta, nel raccogliere alcuni campioni di serpentini. 1882.

M. Damour [1] a publié une série de 17 analyses d'échantillons de jadéite et de roches voisines provenant d'Asie, du Mexique et d'Europe. Aucun gisement de jadéite proprement dite n'a été reconnu en Europe. Mais les échantillons analysés présentent une grande analogie avec cette substance; ceux qui ont été recueillis en place sont : une roche du Mont Viso en Piémont, dont la dureté, la densité et la fusibilité sont les mêmes que celles de la jadéite d'Asie et dont la composition s'en rapproche aussi notablement; une roche recueillie en place à St-Marcel, en Piémont, où elle constitue un mince filon dans un quartzite blanc; une roche verte à grenats en filon dans le gneiss au nord de Fay, près de Nantes (Loire-Inférieure). Les autres sont un galet trouvé à Ouchy, sur le bord du lac de Genève, des galets provenant du Val d'Aoste et un fragment d'une hache préhistorique.

M. Damour conclut de ses recherches qu'on peut espérer de trouver en Europe des gisements de jadéite qui expliqueront la présence sur ce continent des nombreux objets de cette matière sans recourir à l'hypothèse de leur transport de l'intérieur de l'Asie.

M. Gerhard [2] a donné une brève description des carrières de marbres de Saillon qui appartiennent probablement au terrain triasique ou sont l'équivalent du calcaire du Röthi. D'après ses observations, la couleur grise provient de matières organiques; les veines vertes et violettes sont dues à de la serpentine injectée en veines

[1] Damour, Nouvelles analyses sur la jadéite et sur quelques roches sodifères. *Comptes rendus Acad. des Sc.*, 1881, XCII, 1312. — *Bull. Soc. minér. de Fr.*, 1881, IV, 127.

[2] Gerhard, Notiz über den Marmor von Saillon bei Saxon im Rhonethal. *Neu. Jahrb. für Miner.*, 1882, I, 241.

fines et sinueuses dans le calcaire grenu. Ces filaments contiennent des grains plus ou moins opaques, isolés ou disposés en groupes allongés et qui sont de la picotite. Les grains de calcaire renferment beaucoup de cavités pleines de liquide. L'absence totale de mica ne permet pas de classer cette roche dans les vrais cipolins.

M. Polli [1] a examiné un gisement de graphite situé au-dessus de Brissago, près du lac Majeur, dans le micaschiste. Ce minéral se trouve en rognons ou disséminé en grains et en lamelles dans la roche. L'analyse des rognons a donné les résultats suivants :

Carbone et matières volatiles	74,59
Cendres	25,41
	100

D'autres échantillons moins purs ont 29,83 % de cendres dont 24,034 sont de la silice ou des silicates et 5,796 du sesquioxyde de fer.

L'analyse d'un fragment de houille du keuper, retiré du sondage de Zeiningen a donné d'après M. Mühlberg [2]:

Cendres	1,47
Acide carbonique	82,66
Hydrogène	5,56

Eaux minérales. Les recherches faites par M. Dieulafait [3] sur les terrains salifères de l'Europe occidentale ont

[1] P. Polli, Notizie sulla grafite di Brissago. *Atti. Soc. ital. d. sc. natur.*, 1881, XXIII, 278.

[2] Mühlberg, *Mittheil. der Aargau. naturf. Ges.*, 1882, III, XIV.

[3] Dieulafait, La lithine, la strontiane et l'acide borique dans les eaux minérales de Contrexeville et de Schinznach (Suisse). *Comptes rendus Acad. des Sc.*, 1882, XCV, 999.

prouvé que les substances salines qu'ils renferment en couches ou en amas proviennent directement ou par voie de redissolution de l'évaporation des anciennes mers. Ces sels ont donc déjà appartenu à ces mers et leur dépôt s'est fait de la même manière que ceux qui se font aujourd'hui sous nos yeux dans diverses contrées. Les eaux salines provenant de ces dépôts doivent donc contenir toutes les substances qui existent dans les eaux des mers. Parmi elles M. Dieulafait a recherché en premier lieu la lithine, la strontiane et l'acide borique et il les a retrouvés par l'analyse spectrale dans les eaux de Contrexeville et de Schinznach.

M. Grandeau, qui avait analysé ces dernières eaux en 1866 par la même méthode, n'y avait pas reconnu la présence de ces métaux qui y existent en proportions considérables, la lithine surtout.

M. Delesse[1] a publié une série d'analyses d'eaux minérales de Savoie, exécutées à Annecy, par M. Lheureux. On n'a dosé ni l'iode ni les nitrates, dont les quantités sont infiniment petites, ni les gaz en dissolution dans l'eau, quoique leur nature ait une grande influence sur l'alimentation. Un tableau de 88 analyses indique la composition de ces sources mises en regard de la nature des terrains au milieu desquelles elles émergent et qui exercent une grande influence sur leur composition. Celles qui sortent des roches cristallines, des sables quartzeux, des quartzites sont beaucoup plus pures que celles qui viennent des calcaires, marnes, gypses, etc. Des données médicales indiquent aussi l'influence de ces sources sur

[1] Delesse, Recherches sur les eaux de la Savoie. *Ann. des Mines*. Avril 1881.

la santé et particulièrement leurs rapports avec le goître et le crétinisme.

On doit à M. R. MEYER[1] une série d'analyses d'eaux minérales des Grisons :

1° Source des bains de Tennigen dans le Somvix, sortant des schistes talqueux à 14°,3 C. et à 174 litres par minute, source fortement gypseuse renfermant une proportion notable de magnésie et de strontiane sulfatée, mais pauvre en fer ; cependant elle forme sur le terrain un dépôt ochreux composé d'oxyde d'hydrate de fer, mêlé à des substances organiques et contenant des traces d'arsenic. Estimant le débit annuel à 91,455,000 litres, cette source débite 4596 quintaux de matière solide dont 3384 d'anhydrite, 627 de sulfate de magnésie et 30 de strontiane sulfatée.

2° Source de Sassal près de Coire, source ferrugineuse à une température de 10° et $^2/_3$ de litre par minute.

3° Source de Flæsch sur la rive droite du Rhin, sortant à une température de 11°,4.

4° Source sulfureuse d'Yberg dans le canton de Schwytz, ferrugineuse, mais dépourvue de sels de magnésie.

L'auteur donne des analyses des eaux 1, 2 et 4, et il y ajoute celles de quelques eaux des Grisons employées comme eaux à boire.

M. VERAGUTH[2] a analysé les eaux minérales de Fideris dans les Grisons.

BASSINS LACUSTRES. M. DAVIS[3] a résumé les nombreuses recherches faites sur l'origine des bassins lacustres et il propose pour ceux-ci la classification suivante :

1. Bassins orographiques dus à des mouvements de

[1] R. Meyer, Mittheilungen über Quellwasser-Untersuchungen. *Jahresber. der naturf. Ges. Graubündens*, 1880-1881, 113.

[2] Veraguth, Der alkalisch-erdige Eisensäuerling von Fideris. Zurich, 1881.

[3] W. M. Davis, On the classification of Lake basins. *Proceed. Boston Soc. of nat. Hist.*, 1882, XXI, 315.

l'écorce terrestre, plissements, déformations, failles, affaissements, tremblements de terre, action volcanique, etc.

2. Bassins formés par l'érosion, dus à l'action de la glace, du vent, à la dissolution de roches solubles (calcaire, gypse, sel) et certains lacs de cratères. Relativement aux premiers, l'auteur prend une position intermédiaire entre ceux qui admettent que la formation des bassins lacustres est due à l'action des glaciers et ceux qui nient cette action ; il pense que les glaciers peuvent avoir creusé des lacs de faible profondeur ou les avoir débarrassés de matériaux qui les encombraient, il résume les discussions qui se sont produites à ce sujet à propos des lacs suisses. Il n'admet pas que, suivant la théorie de Desor et de plusieurs autres auteurs, l'eau puisse par la seule force de l'érosion creuser des bassins.

3. Les bassins formés par obstruction, soit dans des vallées où les eaux sont retenues, soit sur des terrains plats où les matériaux s'accumulent inégalement. Dans le premier cas le barrage peut être produit, comme c'est fréquemment le cas en Suisse, par un affluent latéral d'une vallée qui y forme un cône de déjection, par un éboulement, par la glace (lac de Merjelen) ou par d'anciennes moraines de glaciers (lacs de Zurich, de Sempach, de Hallwyl, et une partie des lacs italiens ; cependant l'origine de ces derniers paraît avoir une cause plus complexe) ; la seconde catégorie est due à des alluvions, à la lave, à des bancs de sable, à des récifs de coraux, au terrain glaciaire (lacs des Dombes), à des actions volcaniques (lacs de cratères), etc..

M. Irving [1] a repris l'examen de la théorie de M. Ram-

[1] Irving, On the origine of Valley-Lakes, meanly with reference to the Lakes of the Northern Alps. *Abstr. of the proceed. of the geol. Soc. of London*, 1882, p. 18, nº 428.

say sur l'origine des lacs en faisant l'application aux lacs du versant septentrional des Alpes. Il critique cette théorie de l'érosion glaciaire qui répond mal aux faits observés et il montre que l'origine d'un grand nombre de lacs doit être attribuée à des causes toutes différentes, soulèvements, failles, affaissements du sol, comblements de vallées, par des alluvions, des moraines, des éboulements, etc.

TREMBLEMENTS DE TERRE. M. A. HEIM [1] président de la commission sismologique a publié la statistique des tremblements de terre observés en Suisse pendant l'année 1881. Il y a joint les observations faites par M. Denza sur les secousses ressenties dans la Haute-Italie et consignées à l'observatoire de Moncalieri. 166 tremblements de terre ont été notés pendant cette année. Nous renvoyons à ce travail spécial pour le détail de ces phénomènes. M. Heim consigne le fait que 165 secousses ont été ressenties entre 6 h. du soir et 6 h. du matin, 44 seulement dans les 12 h. du jour; la proportion est sensiblement différente dans les années 1879 et 1880. De ces nombreuses secousses, 18 ont été constatées d'une manière positive par la majorité de la population; les autres ont été indiquées seulement par des observateurs isolés.

M. Ch. SORET [2] a résumé les documents recueillis sur le tremblement de terre du 22 juillet 1881 (Rev. pour 1881, 212) par la commission sismologique suisse et il en a consigné les résultats sur une carte. Ce phénomène a été ressenti dans la nuit du 21 au 22 juillet dans la moitié occidentale de la Suisse, en Piémont, et en France dans les vallées du Rhône et de la Saône. L'aire ébranlée a au

[2] A. Heim, Die schweizerischen Erdbeben im Jahre 1881, 1882.
[2] Ch. Soret, Le tremblement de terre du 22 juillet 1881, 1882.

moins 460 kilomètres de long entre Nice et Mulhouse, et 240 de large entre Alexandrie et les Cévennes. Après plusieurs petits ébranlements observés dans plusieurs lieux le 21 au soir, une secousse beaucoup plus nette a été ressentie vers minuit sur une aire assez étendue ; elle a eu son centre dans les montagnes qui séparent la Tarentaise de la Maurienne ; la vitesse a été la plus grande dans la direction de Travers dans le Jura, qui est aussi celle de la plus grande extension de l'aire ; elle a été suivie de plusieurs petites secousses ; puis une oscillation très forte et générale a eu lieu de nouveau vers 2 h. 45 du matin ; l'étude des heures et celle de la distribution des intensités indiquent également une progression dans la secousse sous la forme d'une onde concave, cheminant de l'O. à l'E. en Suisse, en Savoie et en Piémont.

M. J. Conseil [1] a publié la liste des tremblements de terre observés sur le versant sud du Mont-Blanc par un ancien instituteur. Il signale, de 1838 à 1840, 117 tremblements et note ensuite ceux des années 1840 à 1855.

M. Ph. Plantamour [2] a publié son quatrième rapport sur les mouvements du sol observés à Sécheron. M. von Orff [3] a communiqué les observations sur le même sujet faites à l'observatoire de Bogenhausen près de Munich.

(A suivre.)

[1] J. Conseil, Tremblements de terre aux environs du Mont-Blanc. *Feuille d'Avis de Moutiers et d'Albertville*, 2 avril 1882, n° 4. (Malgré mes recherches je n'ai pu me procurer les autres numéros de ce journal contenant la suite de cette statistique.)

[2] Ph. Plantamour, Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. *Archives*, 1882, VIII, 551.

[3] Ch. von Orff, Sur les mouvements périodiques du sol. *Ibid.*, 559.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

H. GOLDSCHMIDT. SYNTHÈSE DE CARBURES D'HYDROGÈNE. (*Berichte*, XV, 1066. Zurich.)

L'auteur a préparé des carbures d'hydrogène par l'action du chlorure de zinc à 300° environ, sur des mélanges de carbures aromatiques et d'alcool; ainsi, la benzine et l'alcool isobutirique donnent l'isobutylbenzine bouillant à 167°; le toluène et l'alcool butyrique la méthylbutylbenzine bouillant vers 190°; la benzine et l'alcool éthylique fournissent de l'éthylbenzine 134°. L'hydrogène de la benzine peut donc être directement remplacé par un radical alcoolique sous l'influence du chlorure de zinc.

ED. SCHÆR. ACTION DU PERMANGANATE DE POTASSIUM SUR L'ACIDE BENZOÏQUE (*Arch. Pharm.*, 20, p. 425, Zurich) ET NOTICES SUR L'OLEUM FOLIOR. CINNAMONE. (Ceylan, *Arch. Pharm.*, 20, p. 492.)

Ce chimiste a remarqué que l'acide benzoïque préparé en sublimant le benjoin réduit le permanganate de potassium, en dissolution alcaline ou acide, beaucoup plus que de l'acide benzoïque préparé d'une autre manière, même lorsque celui-ci est mélangé avec de l'acide cinnamique.

M. Nencki. De la tolérance du gyps dans les vins. (*Journ. pr. Chem.*, 25, p. 284. Berne.)

D'après ses recherches, l'auteur conclut qu'on ne doit pas tolérer la vente de vins renfermant plus de 2 gram. par litre de sulfate de chaux et approuve par conséquent l'ordonnance fédérale du 10 septembre 1879 à ce sujet.

M. Nencki. Des produits basiques provenant de viandes gatées. (*Journ. prackt. Chem.*, 26, p. 47. Berne.)

Il fait observer qu'en 1876 déjà il a préparé une base $C_8H_{11}N$ isomère de la collidine que Gautier et Etard nomment maintenant ptomaïne, qu'il croit être une isophenyléthylamine $C_6H_5-CH\begin{matrix}\diagup CH_3\\ \diagdown NH_2\end{matrix}$ provenant peut-être de la tyrosine, suivant la formule $C_9H_{11}NO_3=C_8H_{11}N+CO_2+O$. L'autre base de Gautier et Etard, la parvoline, serait suivant lui $C_9H_{11}N$.

M. Nencki et N. Sieber. De l'oxydation physiologique. (*J. prackt. Chem.*, 26, p. 1. Berne.)

Les auteurs ont continué leurs recherches sur l'action des alcalis et de l'oxygène sur les matières alimentaires et sur les substances faisant partie de l'organisme, comme la dextrine, l'albumine, la pepsine, la gélatine, le serum du sang, les liquides musculaires, la leucine, la tyrosine, le glycocolle, l'acide oleïque, la neurine et l'acide urique. Toutes ces substances absorbent de l'oxygène en présence d'alcalis, mais jusqu'à une certaine limite; cette oxydation est très lente quand l'alcali est présent sous forme de carbonate et dilué.

Les diabètes, d'après leurs recherches, oxydent parfaitement les acides organiques, le benzol et le phénol, si par contre les sucres passent dans l'urine sans être décomposés,

cela doit provenir, suivant l'opinion de Schultzen, de l'absence du ferment capable d'oxyder le sucre en acide lactique ou aldéhyde glycérique. Les auteurs ont cherché le ferment dans les différents organes du corps, mais sans résultat, d'où ils concluent que cette transformation est probablement due non à un ferment, mais à l'action chimique de cellules vivantes renfermant un alcali libre, comme d'autres renferment de l'acide chlorhydrique.

M. WITTENBERG. RESOCYANINE ET ACTION DE L'ÉTHER ACÉTACÉTIQUE SUR LES PHÉNOLS. (*Journ. prackt. Chem.*, 26, p. 66. Berne.)

La résocyanine, traitée par les alcalis, donne de la résorcine.

Par l'action de l'éther acétacétique et du chlorure de zinc sur le pyrogallol, ce chimiste obtient l'allylendigalleïne $C_{15}H_{12}O_6 + {}^1/_2 H_2O$; avec l'orcine il se forme un corps analogue, mais dont la formule n'est pas encore certaine; avec l'α naphtol on obtient une substance qui n'a pas d'analogie avec la résocyanine, enfin l'acétone et le pyrogallol en présence d'oxychlorure de phosphore donnent naissance à une substance $C_9H_{10}O_3$ que l'auteur nomme gallacétonine.

M. NENCKI. COMBINAISONS DES ACIDES GRAS MONO ET BIBASIQUES AVEC LES PHÉNOLS. (*J. prackt. Chem.*, 25, p. 273. Berne.)

La kresolaurine $C_{22}H_{20}O_3$ se prépare au moyen du krésol, de l'acide formique et du chlorure de zinc, poudre rouge amorphe, analogue de l'aurine; l'orcineaurine $C_{22}H_{18}O_5$ se prépare de la même manière et ressemble beaucoup à la résaurine.

F. MEYER. CONDENSATION DES XYLOLES AVEC L'ANHYDRIDE PHTALIQUE. (*Berichte*, XV, p. 636. Genève.)

Ces condensations sont obtenues au moyen du chlorure

d'aluminium. Meyer a obtenu l'acide orthoxylolphtaloïque

$$C_6H_3\begin{cases}CH_3(^3)\\ \\ CH_3(_4)\end{cases}\!\!-CO.C_6H_4COOH(^1)+H_2O$$

fond à 161.5; l'acide métaxylolphtaloïque 2.4.1 et l'acide paraxylolphtaloïque 2.5.1.

GÉOLOGIE.

MURRAY. GRANDE MORAINE SOUS-MARINE ENTRE L'ÉCOSSE ET LES ILES FÉROE [1].

D'après une communication de M. Murray [2] au Président de la Société royale, le *Triton* a été employé du 4 août au 4 septembre, pour faire des recherches physiques et biologiques dans le canal des îles Féroë. L'objet principal de cette croisière était de connaître exactement la nature d'une côte qui s'étend du nord de l'Écosse au banc de pêche des Féroë, côte qui sépare à des profondeurs de plus de 300 *fathoms* [3] les eaux froides arctiques ayant à peu près 32° F. (0°,0 C.) des eaux dites du Gulfstream de l'Atlantique, dont la température est de 47° F. (8°,33 C.). Cette côte a été explorée, dans un grand détail, au moyen de sondes transversales, et son sommet a été trouvé en moyenne à environ 260 *fathoms* au-dessous de la surface de la mer. Cependant, à la moitié septentrionale de la côte, une petite dépression existe à la profondeur d'un peu plus de 300 *fathoms*, et une petite partie des eaux arctiques paraît s'écouler par cette voie vers le fond de l'Atlantique. La crête de la colline est entièrement composée de gravier et de pierres, mais de la

[1] Discours de M. Spottiswoode, président de la Société royale de Londres, le 30 novembre 1882, dans le journal *Nature*, 1882, p. 134.

[2] M. Murray a succédé à sir Wyville Thomson, pour la publication des résultats de l'expédition du *Challenger*.

[3] Le fathom est à peu près de deux mètres, exactement $1^{m},828$.

boue et de l'argile se trouvent des deux côtés, à des profondeurs qui dépassent 300 *fathoms*. Un grand nombre de ces pierres sont arrondies et quelques-unes ont des stries glaciaires distinctes. Ce sont des fragments de sandstone, diorite, mica-schiste, gneiss, amphibolite, roches chloritiques, sandstone micacé, calcaire et autres minéraux. Il paraît que les courants sont assez forts dans cet endroit entre 250 et 300 *fathoms* pour empêcher tout dépôt de matière ténue, telle que boue ou argile, au sommet de la côte. L'ensemble des indications recueillies sur la nature de cette colline sous-marine paraît impliquer l'idée que c'est une énorme moraine, probablement terminale.

Il est digne de remarque que la côte « Wyville Thomson » est à une très petite distance à l'est de l'endroit indiqué par Croll, d'après les observations de Geikie, Peach et autres, comme la limite probable de la falaise perpendiculaire de glace qui existait dans le nord-ouest de l'Europe pendant la période du maximum d'extension des glaciers.

La drague a fourni des animaux qui concordent avec ce qu'on connaît déjà de la faune des deux mers, les espèces de la région froide ayant le caractère clairement arctique, et celles de la région chaude ceux de la faune profonde commune à tous les grands océans. Une bonne proportion de nouvelles espèces ont été aussi découvertes.

ZOOLOGIE

Résultats de diverses recherches sur les microorganismes qui se rencontrent dans le lait.

L'on sait par les recherches de Fuchs et d'Ehrenberg que le lait tourne au bleu par suite du développement de vibrions; une parcelle infinitésimale du lait infecté suffit à communiquer la maladie à des quantités quelconques de ce liquide. Erdmann considère la couleur bleue comme un corps appartenant au groupe des Anilines. Nelson montra que ces

vibrions sont des bactéries très mobiles et que le lait caillé ne peut plus être infecté. Fleischmann à son tour montra que l'infection réussit mieux sur du lait écrémé et que la crème pure reste indemne.

Schmidt-Mülheim (*Arch. f. d. Ges. physiologie*, Bd. XXVII), a examiné la cause qui peut rendre le lait filant. Une goutelette de lait tirant à fil suffit à infecter de grandes quantités. La modification à la température ordinaire d'une chambre commence au bout de 24 heures; après 48 heures la consistance est devenue telle que l'on peut retourner le vase sans qu'il en tombe une seule goutte de liquide. A des températures de 30 ou de 40° le changement est plus rapide, tandis que des températures plus élevées ou trop basses l'arrêtent. Ce lait « pris » est fort estimé dans la Laponie et le nord de la Suède à cause de sa propriété de se conserver longtemps sans se cailler et de n'entrer en putréfaction qu'après une quinzaine de jours. Il est fort digeste. La caséine s'y trouve sous forme de petits groupes de cristaux.

La cause de cette modification du lait a été trouvée dans la présence de petits organismes ronds ayant un diamètre à peu près 5 fois plus petit que celui des globules rouges du sang humain, et disposés souvent en chapelets, rarement en masses de la forme dite *zooglœa*. On peut nourrir ce ferment dans une solution de sucre de lait et des sels que renferme le lait, mais il a besoin d'une certaine quantité de substance albuminoïde. La substance albuminoïde, d'autre part, ne suffit pas à elle seule à le nourrir. Tous les procédés qui tuent les ferments le font périr et tous ceux qui aident à la végétation des ferments lui sont favorables. Une proportion de 1 $^{00}/_{00}$ d'acide borique lui est indifférente. Si l'acide borique atteint la proportion de $^1/_2$ à 1 pour cent elle arrête sa végétation, mais sans le faire périr; ce résultat demande l'emploi de l'acide borique à 5 $^0/_0$. Il faut 2 pour mille d'acide phénique pour arrêter la végétation et une dose plus forte pour tuer ce microbe.

La substance qui donne au lait cette consistance particulière a été isolée et s'est trouvée appartenir à la catégorie des gelées végétales, ressemblant par exemple à la gelée de

pepins de coings. Les organismes du ferment donnent donc naissance à cette substance. Le fait est d'autant plus intéressant qu'il nous indique la composition chimique probable de la masse qui relie les corpuscules dans les autres formes de « zooglœa. » H. F.

Sir John Lubbock. On the sense of colours among some of the lower Animals. Sur le sens des couleurs chez quelques animaux inférieurs. (*Journ. Linn. Soc.* N° 90. Janvier 1882.)

Paul Bert avait fait quelques expériences sur la prédilection des Daphnies pour certaines couleurs. Ces petits crustacés se rassemblent toujours du côté de la lumière et en employant des lumières colorées on peut voir quelles sont celles qui les attirent le plus et celles qu'ils ne perçoivent pas. Or cet expérimentateur était arrivé à la conclusion que 1° tous les animaux (lisez Daphnies R.) voient les rayons spectraux que nous voyons, 2° ils ne voient aucun de ceux que nous ne voyons pas, 3° dans l'étendue de la région visible, les différences entre les pouvoirs éclairants des différents rayons colorés sont les mêmes pour eux et pour nous.

Lubbock avait montré précédemment que les fourmis perçoivent des rayons lumineux que nous ne voyons pas. Il vient de refaire ces expériences sur les Daphnies. Après avoir projeté pendant un certain temps le spectre solaire sur une auge contenant ces animalcules aquatiques, il a mis des séparations aux limites des diverses couleurs et compté le nombre d'individus qui se trouvaient dans chacun de ces espaces. Ils se trouvèrent rassemblés surtout dans le vert (plus de la moitié du nombre total); un nombre moindre dans le jaune, le rouge, le bleu, presque point dans le violet et ce qui est au delà. Il essaya alors de leur donner seulement le choix entre le violet et l'ultra-violet. Presque tous se rendirent dans le violet. Puis il ne laissa plus parvenir à l'auge que l'ultra-violet. Cette fois encore les Daphnies quittèrent la partie qui n'était pas atteinte par le spectre pour se rendre dans cet ultra-violet que nous ne voyons pas. Couvrant alors

une partie du champ frappé par les rayons ultra-violets d'une auge contenant une solution de bichromate de potasse, il vit les Daphnies se rendre dans la partie qui était à découvert. Il est donc prouvé que pour ces animaux la perception visuelle est plus étendue que chez l'homme. H. F.

BOTANIQUE

J.-B. SCHNETZLER. SUR UN CHAMPIGNON CHROMOGÈNE QUI SE DÉVELOPPE SUR LA VIANDE CUITE. (*Bull. de la Soc. vaudoise des sc. nat.*, vol. XVIII, n° 87, p. 117).

En 1856 on observa, pour la première fois, sur de la viande cuite qui se trouvait dans un caveau à Dresde, des taches couleur fleur de pêcher formées par un petit organisme désigné par Rabenhorst sous le nom de *Palmella mirifica.*

D'après le célèbre algologue, les cellules de cette petite algue avaient un diamètre de $^1/_{2000}$ — $^1/_{875}$ de ligne et elles étaient remplies d'une huile rougeâtre.

Depuis on a observé plusieurs fois ce même organisme sur de la viande cuite, sur du lait, etc.

Le 10 août de cette année (1881), on détacha d'un morceau de viande de bœuf venant toute fraîche de la boucherie, des tendons, des os et quelques fragments de viande avec de la graisse. Le 12 août, ces différents débris cuits, conservés dans une armoire placée dans un corridor, à l'abri de la lumière, commençaient à se colorer en rose. Le 13 août, viande, graisse, os et tendons, le plat même se trouvaient couverts d'une matière gélatineuse présentant une couleur d'un rouge de fuchsine superbe qui teignait les doigts, le papier, la laine, etc.

Sous le microscope avec un grossissement de 750 et une lentille d'immersion, on voyait dans la matière gélatineuse rouge des millions de *Micrococcus* globuleux d'environ $^1/_{1000}$ de millimètre. Ils présentaient toutes les transitions entre *Palmella mirifica* Rabh et *Palmella prodigiosa* Montagne

(*Micrococcus prodigiosus* Cohn, *Monas prodigiosa* Ehrenb., *Zoogalactina imetropha* Sette, *Bacteridium prodigiosum* Schröter). J'en conclus que *Palmella murifica* Rabh. n'est qu'une modification de *Micrococcus prodigiosus* Cohn. Les différences de dimension et de coloration proviennent de l'influence du substratum. *Micrococcus prodigiosus* se développe ordinairement sur des matières amylacées, du pain, des pommes de terres cuites, etc., tandis que *Palmella mirifica* Rabh. se trouve sur de la viande, du lait, du blanc d'œuf. Du reste, en transplantant le micrococcus, couleur fleur de pêcher, qui couvrait la viande, sur de la colle d'amidon, il se reproduisit et prit au bout de trés peu de temps la même nuance rouge pourpre que présentent les taches gélatineuses de Micrococcus prodigiosus. L'absence ou la présence de la matière gélatineuse n'est pas un caractère distinctif entre les deux espèces, car la *Palmella mirifica* Rabh. que j'ai observée sur de la viande cuite formait des colonies gélatinisées.

Nous avons ici affaire à un de ces *Schizomycetes* chromogènes qui jouissent de la propriété remarquable de produire des matières colorantes avec les éléments tirés du substratum et de l'air à une température convenable. Pendant la formation de la matière gélatineuse rouge sur la viande, la température variait de 25°-30° C. La lumière était exclue. Les cellules de *Micrococcus* dans lesquelles se produit la matière colorante la diffusent dans la gelée ambiante qui se teint d'un beau rouge. L'alcool extrait à froid la matière colorante rouge ; la solution de couleur rose devient d'un jaune verdâtre avec l'ammoniaque, tandis qu'elle se colore en rouge par les acides. Soumise à l'analyse spectrale, elle présente une large bande d'absorption dans le vert. Les matières teintes avec cette couleur rouge se décolorent au bout de peu de temps.

Comme par ses propriétés physiques et chimiques, la matière rouge produite par *Micrococcus prodigiosus* se rapproche de la fuchsine, elle doit renfermer une certaine quantité d'azote [1]. Or ce micrococcus se développe par

[1] D'après les observations de J. Schröter et Otto Helm (Iust. bot.

milliards sur des substances très pauvres en azote, comme par exemple sur de la colle d'amidon, des oublies humides. de la fécule de pomme de terre. Il est probable que dans ce cas une partie de l'azote entre dans la matière colorante comme combinaison azotée formée avec l'azote de l'air. Lorsque la matière rouge se forme sur de la viande, le substratum fournit l'azote en quantité suffisante. La matière colorante présente une réaction acide ; l'oxygène de l'air joue un rôle important dans sa formation. Elle est insoluble dans l'eau, mais se dissout dans les matières grasses, par exemple dans les globules de beurre du lait.

Lorsque dans un tube à réaction on ajoute de l'éther à la solution alcoolique rose additionnée d'un peu d'eau et qu'on secoue le tube, l'éther surnage, présentant une couleur d'un beau rouge pourpre. La matière colorante rouge qui couvrait un fragment de ligament cervical fut plongée dans l'eau. Au bout de deux jours elle se décolorait peu à peu ; on y voyait des Micrococcus, des Bactéries, Bacillus, etc. Sur les colonies de Micrococcus encore rouges qui se trouvaient en repos, il s'était formé un nombre considérable de petits corps fusiformes ou en forme de losanges ; la matière rouge en était quelquefois hérissée ; d'autrefois ils étaient réunis en faisceaux en forme de balais. La quantité minime de matière que présentaient ces petits corps ne permettait pas d'analyse chimique ; mais ils avaient les caractères de cristaux formés par un acide ou un sel organique.

Winter (Dr G.). Pilze. Les Champignons.

Il s'agit des Champignons d'Allemagne, d'Autriche et de Suisse dans le susdit ouvrage de *Rabenhorst*, *Kryptogamen-Flora*. Les livraisons 1 et 2 ont paru à Leipzig en 1882 et 1883. L'auteur s'efforce d'être complet dans son énumé-

Jahresbericht 1875, 182), il existe des différences entre le rouge d'Aniline et la matière rouge de notre Schizomycète.

ration des espèces. Ses diagnoses sont aisées à comparer, du moins pour les personnes qui lisent l'allemand.

Il est à regretter qu'il ne tienne pas compte de la loi de priorité dans les noms spécifiques. D'après les synonimes qu'il donne lui-même, on dirait qu'il choisit arbitrairement le nom qui lui plaît, comme le faisaient quelques naturalistes il y a 50 ou 80 ans. Aujourd'hui, botanistes et zoologistes, s'accordent à dire que chaque espèce a un nom déterminé et fixe, celui qui a été publié le premier, à moins de raisons très fortes et très rares, qu'on doit expliquer lorsqu'on veut s'en prévaloir. Il suffit d'ouvrir au hasard la dernière livraison de M. Winter pour soupçonner qu'il préfère souvent des noms mort-nés aux noms réels. Ainsi, page 689, il admet *Agaricus lucifugus* Fries, Obs. 2, p. 50 (ouvrage de 1815), et il donne pour synonyme *A. dulcamarus* Persoon, Syn. p. 324 (ouvrage de 1801). Pour l'espèce suivante, il prend un nom de Fries, Systema I (ouvrage de 1821) et indique un autre nom de Persoon, Synopsis (qui est de 1815). A la p. 691, il remplace un nom de Secretan, Micrographie (1833) par un nom de Fries, Epicrisis (1836-38), et à la p. 703, un nom de Schæffer, Icones (1763) est abandonné pour un de Persoon (1801), etc., etc. Peut-être y avait-il, dans certains cas, de bons motifs pour prendre le nom le moins ancien, mais alors il fallait l'expliquer. Par exemple si le nom *dulcamarus* de Persoon, doit être mis de côté parce que l'espèce n'est pas le véritable *dulcamarus* antérieur à Persoon, il fallait mettre dans la synonimie *A. dulcamarus Persoon* (*non aliorum*) ou (*non* de tel auteur). L'absence de toute explication de ce genre fait douter de la validité de beaucoup de noms spécifiques admis dans l'ouvrage.

De Saporta. A propos des Algues fossiles. Un vol. in-4° et 9 planches. Paris, 1882.

Une discussion assez singulière s'est élevée au sujet des Algues fossiles. M. Nathorst, après avoir examiné les traces laissées sur la vase ou le sable par divers animaux marins, a

prétendu que beaucoup d'apparences, décrites comme des empreintes d'Algues, n'étaient rien autre que des marques produites de cette manière. En particulier il a émis cette assertion au sujet de plusieurs des formes décrites dans la *Paléontologie française* de M. de Saporta et dans l'*Évolution du règne végétal*, du même auteur et de M. Marion. M. de Saporta s'est efforcé de revoir les échantillons avec le plus grand soin possible et il en publie de belles figures lithographiées, qui sont d'un dessinateur connu pour être très exact, M. Leuba. Le texte renferme des considérations générales très intéressantes et des descriptions détaillées.

M. de Saporta ne nie pas que M. Nathorst n'ait eu raison pour certaines formes décrites par divers auteurs, mais il n'a pas de doute sur la qualité d'Algues pour la plupart de celles dont il s'est occupé. Comme il s'agit d'empreintes, on ne peut pas recourir à l'observation microscopique des tissus, mais on peut se faire une idée assez exacte de la manière dont l'apparence du fossile s'est produite. Suivant la mollesse de la substance incrustée et suivant la nature et le poids de celle qui entoure l'objet, en dessus et en dessous, le moulage est différent et laisse des empreintes différentes après que la matière végétale est détruite. M. de Saporta décrit ces moulages d'abord dans des plantes fossiles phanérogames, où l'on est sûr de l'origine végétale. Il montre ensuite que les empreintes considérées par lui comme des Algues, paraissent avoir été formées de la même manière. Du reste il ne paraît pas probable que les anciennes mers, où l'on trouve tant d'animaux fossiles, aient été dépourvues d'Algues. Si l'on connait peu d'empreintes de celles-ci, on peut l'attribuer à la nature de leur tissu et à la circonstance que les Algues vivent surtout le long des côtes et sont rares ou nulles dans les eaux profondes.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1883

Le 1er, brouillard le soir.
2, brouillard le matin.
3, fort vent jusqu'à 8 h. du matin.
4, forte gelée blanche le matin.
5, brouillard dans la journée.
6, gelée blanche le matin; brouillard à 8 h. du matin; neige depuis 10 h. du matin; hauteur de la neige tombée 9^{cm}.
7, neige dans la nuit; hauteur 2^{cm}; brouillard dans la journée.
8, forte bise dans la journée.
9, neige dans la journée, hauteur 3^{cm},5.
10, brouillard jusqu'à 3 h. du soir; grésil à 4 h. du soir; légère neige à 6 h. soir.
11, brouillard depuis 10 h. du matin.
12, brouillard depuis 8 h. du matin.
13, brouillard le matin et le soir.
14, gelée blanche le matin; brouillard à 8 h. du soir.
15, forte gelée blanche le matin; brouillard à 8 h. du matin.
16, brouillard à 10 h. du matin.
17, forte bise toute la journée.
19, faible gelée blanche le matin.
20, brouillard presque tout le jour; halo lunaire à 8 h. du soir.
21, gelée blanche le matin; brouillard tout le jour.
22, assez forte bise dans la journée.
23, très forte bise toute la journée; elle souffle avec violence le matin surtout, puis de 2 h. à 6 h. du soir.
24, très forte bise jusqu'à 4 h. du soir; depuis là elle diminue d'intensité.
25, neige vers midi; hauteur 7^{cm}.
26, légère neige à 8 h. du matin; assez fort vent l'après-midi.
27, fort vent dans la nuit; grésil depuis 7 h. à 8 h. 1/4 du matin.
28, très fort vent d'O. dans la nuit.
29, gelée blanche le matin.
30, fort vent le matin.
31, forte gelée blanche le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 5 à 10 h. soir	736,31
12 à 10 h. matin	718,54
14 à 10 h. soir	719,97
19 à 10 h. matin	737,00
22 à 10 h. matin	735,63
28 à 6 h. soir	738,54

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 6 h. soir	730,20
11 à 2 h. soir	716,90
13 à 2 h. soir	707,68
15 à 2 h. soir	717,22
21 à 2 h soir	733,97
26 à 10 h. matin	719,35
31 à 10 h. soir	710,80

GENÈVE. — JANVIER 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	733,65	+ 5,83	+ 9,65	+ 9,86	+ 6,5	+16,0	8,49	+4,47	933	+ 68	820	990	4,1	4	N. 1	0,67	7,5	+ 2,0	178,8
2	730,42	+ 2,58	+ 7,77	+ 8,01	+ 3,3	+12,6	6,91	+2,89	857	— 8	700	1000	1,5	3	SSO. 1	0,83	7,6	+ 2,1	184,0
3	730,73	+ 2,87	+ 5,29	+ 5,55	+ 2,3	+10,2	4,94	+0,92	751	—114	570	870	0,9	1	variable	0,64	7,4	+ 2,0	185,0
4	730,74	+ 2,87	+ 1,56	+ 1,84	— 1,7	+ 6,2	4,48	+0,46	858	— 7	680	980	...	...	variable	0,01	7,0	+ 1,7	188,0
5	734,53	+ 6,64	+ 1,15	+ 1,44	— 1,2	+ 4,9	4,41	+0,38	871	+ 6	760	930	...	...	variable	0,62	7,0	+ 1,7	186,8
6	733,83	+ 5,93	— 0,17	+ 0,14	— 1,9	+ 1,4	4,44	+0,41	963	+ 98	850	990	6,3	12	SSO. 1	0,99	7,0	+ 1,7	183,7
7	730,91	+ 3,00	+ 0,79	+ 1,11	0,0	+ 1,9	4,46	+0,43	916	+ 11	820	990	3,7	5	variable	1,00	...	.....	184,0
8	725,82	— 2,09	— 1,56	— 1,24	— 2,0	+ 1,3	3,48	—0,56	856	— 9	790	930	...	...	NNE. 2	1,00	6,6	+ 1,4	181,4
9	722,70	— 5,22	— 1,73	— 1,41	— 2,2	— 0,5	3,76	—0,28	933	+ 69	820	990	2,1	4	variable	0,99	6,6	+ 1,5	180,5
10	719,29	— 8,63	+ 0,05	+ 0,37	— 2,1	+ 2,1	4,46	+0,41	952	+ 88	820	1000	6,3	6	SSO. 1	1,00	6,5	+ 1,4	176,5
11	717,16	—10,76	+ 1,76	+ 2,08	+ 0,5	+ 3,7	5,05	+1,00	962	+ 98	890	980	2,8	5	SSO. 1	1,00	6,6	+ 1,5	174,8
12	717,90	—10,02	+ 0,68	+ 0,99	— 0,4	+ 2,6	4,51	+0,45	932	+ 69	880	990	...	...	ESE. 1	1,00	6,7	+ 1,6	174,5
13	709,42	—18,50	— 0,13	+ 0,17	— 1,3	+ 1,9	4,29	+0,22	939	+ 76	830	1000	...	...	SSO. 1	0,93	6,5	+ 1,5	172,7
14	716,04	—11,87	+ 3,35	+ 3,64	— 0,6	+12,2	4,65	+0,58	790	— 72	600	970	...	...	SO 1	0,23	...	.....	172,0
15	717,91	— 9,99	+ 2,76	+ 3,03	— 1,7	+ 6,7	5,13	+1,05	886	+ 24	780	980	2,0	4	SSO. 1	0,71	6,4	+ 1,4	168,2
16	720,72	— 7,17	+ 4,20	+ 4,45	+ 3,0	+ 6,0	5,48	+1,39	879	+ 18	790	940	0,8	3	N. 1	0,99	6,6	+ 1,6	165,5
17	730,03	+ 2,15	+ 4,55	+ 4,78	+ 3,9	+ 5,9	4,89	+0,79	771	— 90	700	820	...	...	NE. 2	0,94	6,5	+ 1,6	164,8
18	734,18	+ 6,31	+ 4,04	+ 4,24	+ 2,3	+ 6,1	4,86	+0,76	798	— 62	700	840	...	...	NNE. 1	0,83	6,6	+ 1,7	162,1
19	736,27	+ 8,42	+ 2,75	+ 2,93	+ 1,1	+ 5,1	4,58	+0,47	815	— 44	730	860	...	...	NNE. 1	0,46	6,7	+ 1,8	158,8
20	735,68	+ 7,85	+ 0,78	+ 0,92	— 0,6	+ 3,6	4,36	+0,24	890	+ 32	810	960	...	...	ESE. 1	0,91	6,5	+ 1,6	157,5
21	734,33	+ 6,52	+ 0,24	+ 0,35	— 2,6	+ 3,1	4,42	+0,29	926	+ 68	770	1000	...	...	SO. 1	0,88	...	.....	154,0
22	734,87	+ 7,08	+ 0,23	+ 0,30	— 1,3	+ 1,7	4,00	—0,14	855	— 2	770	900	...	...	N. 2	0,98	6,4	+ 1,6	154,0
23	733,90	+ 6,13	— 1,20	— 1,17	— 2,0	+ 0,1	3,30	—0,85	788	— 68	710	840	...	...	NNE. 4	0,21	6,3	+ 1,5	156,5
24	730,77	+ 3,03	— 3,45	— 3,46	— 4,2	— 1,5	2,63	—1,52	749	—106	650	800	...	...	NNE. 3	0,62	5,6	+ 0,8	155,5
25	722,60	— 5,11	— 4,15	— 4,21	— 5,8	— 1,9	2,90	—1,26	851	— 3	700	940	2,7	4	variable	0,90	5,8	+ 1,0	148,0
26	720,29	— 7,39	+ 2,00	+ 1,90	— 3,3	+ 6,1	4,61	+0,44	833	— 20	750	940	4,0	8	SSO. 1	0,81	5,8	+ 1,0	142,5
27	732,09	+ 4,44	+ 2,83	+ 2,68	+ 0,4	+ 6,4	3,62	—0,56	644	—207	550	790	...	...	SSO. 1	0,84	5,9	+ 1,1	138,0
28	735,83	+ 8,22	+ 4,23	+ 4,02	+ 0,6	+ 8,4	4,47	+0,28	729	—121	610	880	5,5	6	SSO. 1	0,44	..	.....	135,0
29	732,16	+ 4,59	+ 4,97	+ 4,71	— 0,9	+11,4	3,76	—0,44	590	—259	430	880	...	...	variable	0,35	6,0	+ 1,2	139,0
30	725,89	— 1,64	+ 5,26	+ 4,94	+ 1,2	+ 9,7	4,80	+0,59	741	—107	510	870	...	...	SSO. 1	0,93	6,0	+ 1,2	139,5
31	715,53	—11,96	+ 0,66	+ 0,28	— 2,4	+ 3,1	4,13	—0,09	843	— 3	750	950	...	...	variable	0,88	5,9	+ 1,1	135,0

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,67	729,74	729,98	729,23	728,76	728,84	728,85	728,83	728,82
2e »	723,21	723,48	723,86	723,48	723,29	723,61	724,02	724,25	724,61
3e »	728,87	729,11	729,26	729,09	728,77	728,84	728,81	728,43	728,38
Mois	727,30	727,50	727,75	727,32	727,00	727,15	727,28	727,21	727,30
Température.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 1,74	+ 1,47	+ 2,64	+ 3,66	+ 4,02	+ 3,45	+ 2,78	+ 2,18	+ 1,86
2e »	+ 1,37	+ 1,32	+ 2,43	+ 4,02	+ 4,50	+ 3,99	+ 3,03	+ 2,60	+ 2,32
3e »	+ 0,13	+ 0,20	+ 1,19	+ 2,53	+ 2,80	+ 2,61	+ 1,67	+ 1,38	+ 0,87
Mois	+ 1,05	+ 0,97	+ 2,06	+ 3,37	+ 3,74	+ 3,33	+ 2,47	+ 2,03	+ 1,66
Tension de la vapeur.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,89	4,82	5,08	5,16	5,30	5,24	5,01	4,86	4,75
2e »	4,53	4,61	4,71	4,84	4,93	4,92	4,95	4,97	4,84
3e »	3,86	3,79	3,89	4,11	3,90	3,97	3,93	3,88	3,83
Mois	4,41	4,39	4,54	4,68	4,68	4,68	4,61	4,55	4,45
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	915	914	883	833	845	866	879	892	894
2e »	892	910	865	795	788	812	869	893	891
3e »	833	814	772	745	696	724	765	769	791
Mois	878	877	838	790	774	798	835	849	856

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 0,10	+ 5,61	0,77	+ 7,02	24,9	182,87
2e »	+ 0,62	+ 5,38	0,80	+ 6,57	5,6	167,09
3e »	— 1,85	+ 4,24	0,71	+ 5,97	12,2	145,18
Mois	— 0,42	+ 5,05	0,76	+ 6,52	42,7	164,41

Dans ce mois, l'air a été calme 0,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,31 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 55°,2 E. et son intensité est égale à 8,63 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1883.

Le 1er, brouillard le matin par une assez forte bise.
2, neige et forte bise l'après-midi.
3, brouillard par une forte bise depuis midi
6, neige le soir.
8, neige le soir par un assez fort vent.
9, fort vent toute la journée; neige et brouillard l'après-midi.
10, forte bise jusqu'à 2 h du soir; depuis cette heure fort vent; brouillard le matin; neige dans la journée.
11, fort vent toute la journée; neige et brouillard.
12, neige toute la journée par un fort vent; la majeure partie est emportée.
13, id.
14, brouillard par une forte bise le matin.
15, forte bise dans la journée; brouillard le soir.
16, forte bise dans la journée; neige et brouillard.
17, neige dans la nuit; brouillard par une forte bise le matin.
21, légère neige à midi.
22, assez forte bise le soir.
25, neige l'après-midi.
26, fort vent jusqu'à 2 h. du soir; une forte bise lui succède; neige jusqu'à 6 h. du soir, puis brouillard. Grande partie de la neige emportée par le vent.
27, très forte bise le matin; neige et brouillard; une partie de la neige n'a pu être recueillie.
28, neige par une très forte bise le matin; brouillard de 10 h. matin à 1 h. soir.
30, neige l'après-midi.
31, brouillard par un fort vent le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 6 h. soir	567,62	Le 3 à 4 h. soir	562,19
9 à 6 h. soir	559,34	8 à 2 h. soir	556,61
12 à 10 h. matin	556,38	11 à 6 h. matin	554,03
14 à 10 h. soir	558,02	13 à 6 h. soir	548,94
20 à 10 h. matin	569,83	16 à 6 h. matin	553,83
29 à 8 h. matin	569,42	25 à midi	552,14
		31 à 8 h. soir	550,25

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum des 9 observat.	Maximum des 9 observat.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	569,80	+ 8,44	569,32	570,14	+ 0,14	+ 8,75	— 0,5	+ 0.8	260	19.0	....	NE.	1	0,79
2	566,65	+ 5,32	565,40	568.22	— 1,44	+ 7,20	— 3,7	+ 0,2	130	3 9	....	NE.	1	0,70
3	562,68	+ 1,37	562,19	563,62	— 7,97	+ 0,70	— 9,5	— 6,1	.....	.....	....	NE.	2	0,84
4	564,65	+ 3,36	563,03	566,02	— 4,15	+ 4,55	— 7,5	— 0,8	.....	.. ..	....	NE.	1	0.02
5	567.37	+ 6,10	566,52	567,62	— 2,88	+ 5,85	— 5,0	— 0.2	.....	.....	....	NE.	1	0,27
6	564,71	+ 3,46	563,93	566,02	— 7,91	+ 0,86	—10,8	— 4,5	70	1,0	....	NE.	1	0.71
7	561,61	+ 0,38	560,92	562.36	—12,98	— 4,18	—13.8	—11,0	.....	.....	....	NE	1	0,19
8	557,12	— 4,09	556,61	558,04	—12,80	— 3,97	—13.8	—11.2	80	1,4	.. .	NE.	1	0.43
9	558,72	— 2,46	557,76	559,34	—13,05	— 4,20	—14,4	—11,2	130	2,5	....	SO.	2	0,92
10	556,43	— 4,72	555,30	558,10	— 7,04	+ 1,83	— 7,9	— 6 0	100	3,3	....	variable		0,97
11	554,76	— 6,36	554,03	555,74	— 8,50	+ 0.39	— 9,4	— 7,2	190	4,5	....	SO.	2	1,00
12	555,83	— 5,27	555,47	556.38	— 8,84	+ 0.07	— 9,0	— 8,4	50	1,4	....	SO.	2	1,00
13	550,29	—10,78	548,94	553.24	— 6,87	+ 2,06	— 8.2	— 5,7	170	5,1	....	SO.	2	1,00
14	556,15	— 4,89	553,08	558,02	— 4,74	+ 4,21	—13,7	— 1,9	.....	.....	....	NE.	1	0,49
15	556,50	— 4,51	555,45	557,44	— 3,82	+ 5,15	— 4.8	— 2,6	.....	.....	....	NE.	1	0,68
16	555,49	— 5,49	553,83	557,45	— 8,23	+ 0,76	— 8.8	— 7 4	390	19,0	....	NE.	2	1,00
17	562,46	+ 1,51	560,12	563,96	— 9,74	— 0,73	—11.1	— 7.9	60	4,2	....	NE.	1	0,31
18	566,27	+ 5,35	564,83	567.29	— 7,31	+ 1,71	— 8.7	— 5,1	.....	.. ..	....	NE.	1	0 03
19	568,60	+ 7,71	567,64	569,26	— 6,37	+ 2,66	— 7.8	— 4.2	.....	.....	....	NE.	1	0,00
20	568.91	+ 8,05	568,21	569.83	— 2,51	+ 6,53	— 6.0	— 0.2	.....	.....	....	NE.	1	0,20
21	567,75	+ 6,93	567,65	568.10	— 3,59	+ 5,46	— 6.4	— 0,7	.....	.....	....	NE.	1	0,18
22	566,26	+ 5,47	565,26	568 09	— 5,91	+ 3,15	— 8.2	— 3,4	.....	.....	....	NE.	1	0,14
23	561,52	+ 0,76	561,04	561,91	—16.37	— 7,30	—18.6	—13,8	.....	.....	....	NE.	1	0,14
24	557,51	— 3,22	555,83	559,26	—16,86	— 7,79	—18,0	—14,9	.....	.....	....	NE.	1	0 00
25	553,12	— 7,57	552,14	554,65	—13,44	— 4,36	—15.5	—10,0	70	2,8	....	NE.	2	0,88
26	555,07	— 5,58	554,75	555,56	— 7,51	+ 1,57	— 9,5	— 4,3	270	8,0	....	SO.	2	1,00
27	562,00	+ 1,39	555,95	565,45	—12,35	— 3,27	—18,9	— 8,0	120	2,9	....	NE.	2	0,92
28	565,92	+ 5,35	562,23	569,41	— 9,88	— 0.80	—12,3	— 6,5	160	5,0	....	NE.	2	0,71
29	568,33	+ 7,79	566,39	569.42	+ 0,92	+10,00	— 0.6	+ 3,6	.....	.....	....	NE.	1	0,33
30	560,48	— 0,03	559,62	562,15	— 5,63	+ 3.44	—10.8	+ 0.4	90	4,5	....	SO.	1	0,68
31	552,26	— 8,22	550,25	555,08	—10,85	— 1,78	—13,5	— 9,7	.....	.....	....	SO.	1	0,77

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1883.

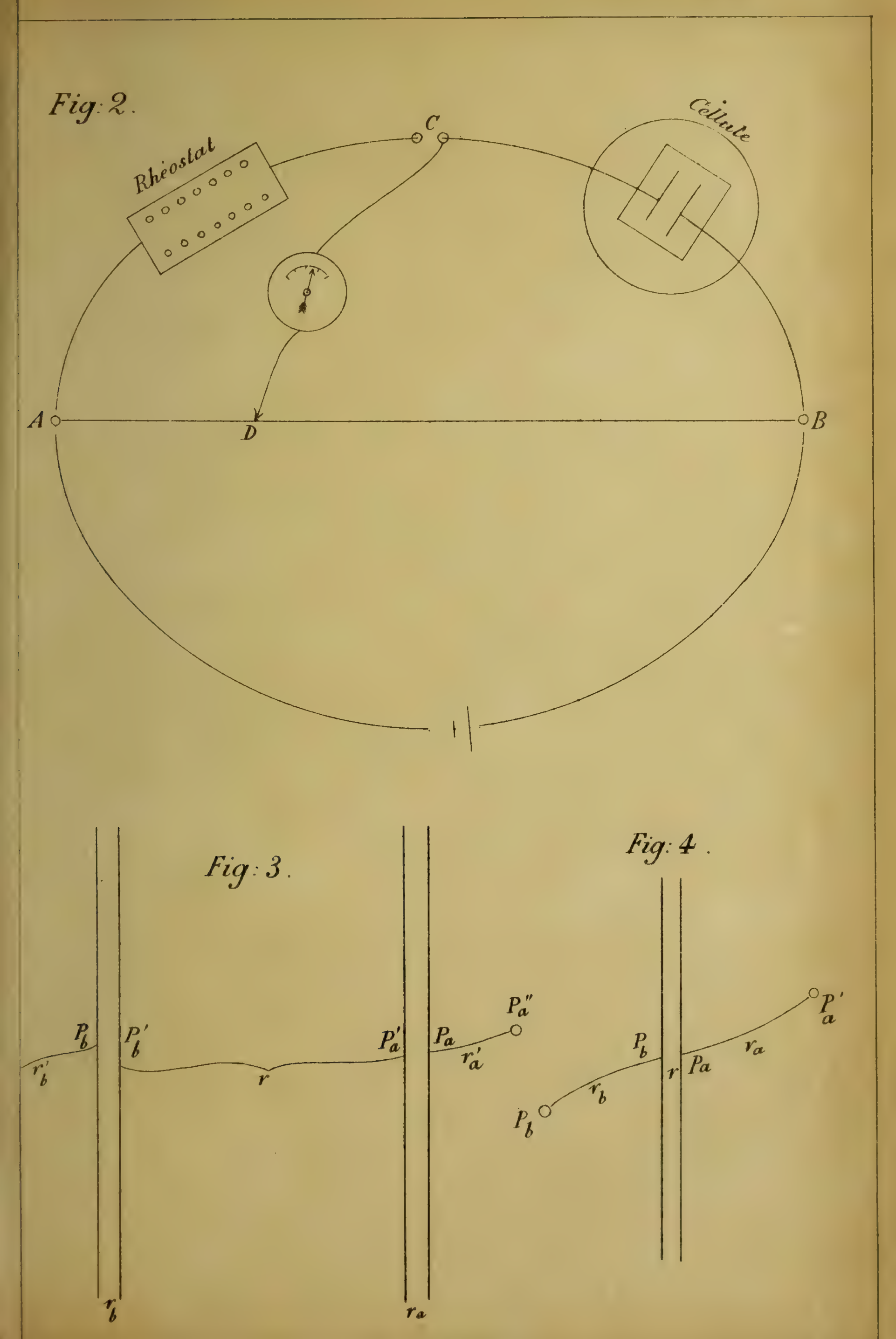
	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,29	563,44	563 36	562,98	562,81	562,86	562 89	562,79	562,74
2e »	558,82	559 21	559,65	559,47	559,37	559 56	559,82	560,06	560,15
3e »	560,74	561,01	561,04	560,82	560,75	561,00	561,19	561,18	561,01
Mois	560,94	561,21	561,34	561,08	560,97	561,14	561,30	561,34	561,29
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 7,05	— 7,27	— 6,19	— 5,59	— 6,08	— 6 68	— 7,44	— 7,67	— 7 57
2e »	— 8 02	— 6 89	— 6,55	— 5,78	— 5,48	— 6,17	— 6 48	— 6,66	— 6,68
3e »	— 8,28	— 8 85	— 8,08	— 7,56	— 8,38	— 9,67	—10,00	—10,15	—10,51
Mois	— 7,80	— 7,71	— 6,98	— 6,35	— 6,70	— 7,58	— 8,04	— 8,22	— 8 33

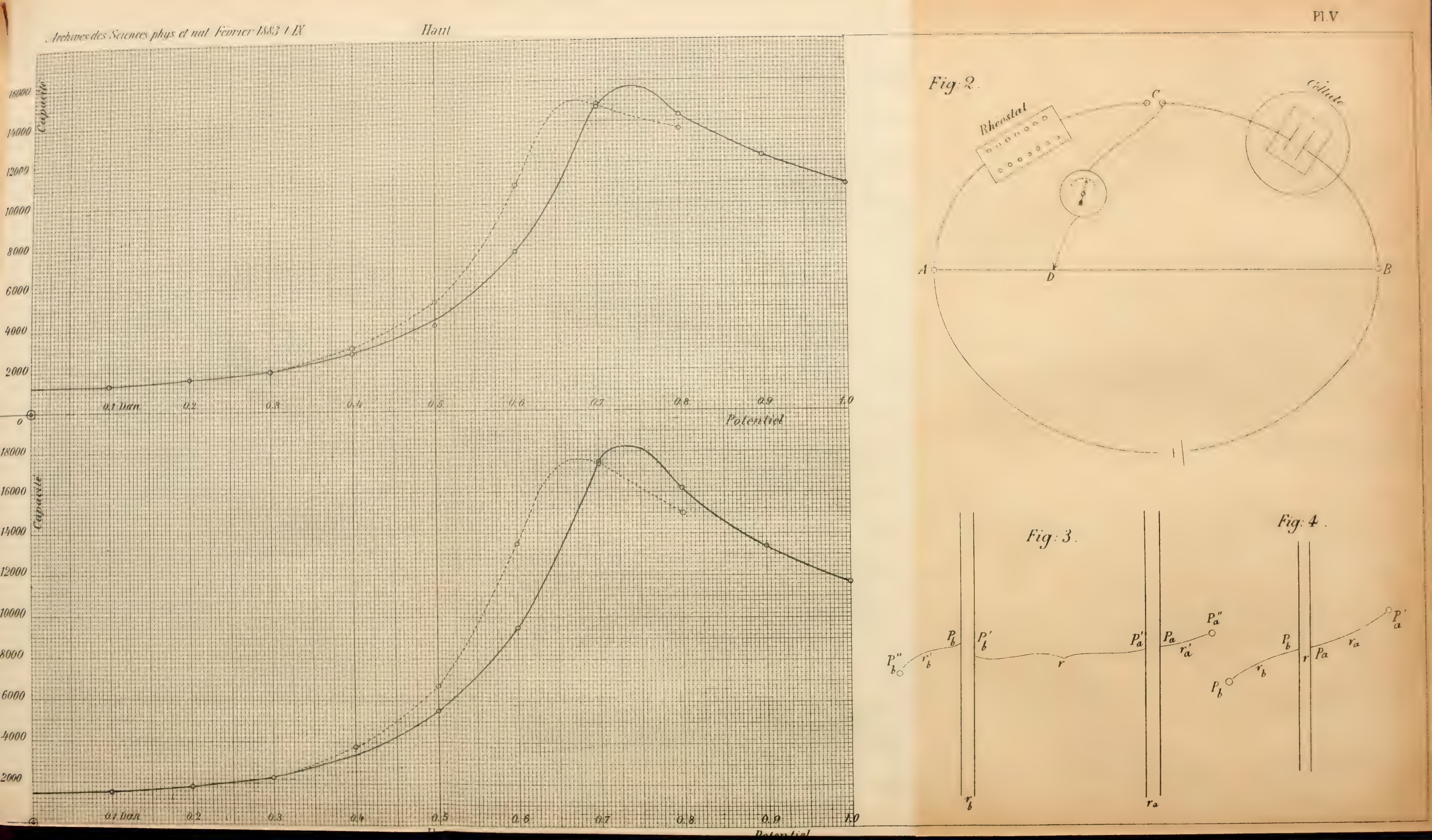
	Min observé.	Max observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 8,69	— 5,00	0,58	31,1	770
2e »	— 8,75	— 5,06	0,57	34,2	860
3e »	—12,03	— 6,12	0,52	23,2	710
Mois	— 9,89	— 5,42	0 56	88,5	2340

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,19 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 55,9 sur 100.


Fig: 2.
Rhéostat
C
Cellule
A
D
B
Fig: 3.
P_b
P'_b
r'_b
r
P'_a
P_a
r'_a
P''_a
r_b
r_a
Fig: 4.
P_b
r
P_a
r_a
P'_a
r_b
P_b


Haut
Capacité
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
0.1 Dan
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
Potentiel
Fig: 2.
Rheostat
C
Cellule
A
D
B
Fig: 3.
Fig: 4.
r
r'b
r'a
rb
ra

RIDES[1]

FORMÉES A LA SURFACE DU SABLE DÉPOSÉ AU FOND DE L'EAU

ET

AUTRES PHÉNOMÈNES ANALOGUES

PAR

M. C. DE CANDOLLE

I.

GÉNÉRALITÉS

Les recherches que je vais exposer ont eu pour point de départ l'observation d'un phénomène bien connu de tout le monde, mais qui n'a pourtant pas encore été complètement expliqué. Je veux parler des rides qui se forment à la surface du sable déposé au fond des eaux courantes ou agitées par le vent, sur le bord des rivières, dans les lacs, même dans la mer. Leur présence a souvent été invoquée comme une indication de la profondeur à laquelle se transmet l'action des vagues[2].

[1] *Ripplemarks* des auteurs anglais.

[2] On entend souvent affirmer que l'action des vagues, même dans la mer, ne se fait sentir qu'à une faible profondeur au-dessous de la surface. Cette opinion erronée a été récemment combattue par

Les traités de géologie en font mention, soit à propos de certains grès qui ont conservé l'empreinte de rides toutes semblables, datant d'une époque géologique reculée, soit d'une manière plus générale à l'occasion de la formation des terrains d'alluvion et des couches sédimentaires. D'après Lyell [1], ces rides ne seraient rien autre que de petites dunes formées sous l'eau par des courants qui entraînent les grains de sable sur le fond. Un autre géologue anglais, M. J. Beetes Jukes [2], émet une opinion plus précise qui, ainsi qu'on le verra, renferme en germe la théorie à laquelle m'ont conduit mes propres recherches, mais qu'il se borne à exprimer sommairement en ces termes : « Les rides produites sur le rivage de la mer résultent non pas de ce que celles soulevées par les vagues à la surface de l'eau dessinent leur propre forme sur le sable du fond, ce qui serait une impossibilité, mais de ce que les courants d'eau causés par le flux et le reflux de la marée produisent sur ce sable la même forme que les courants d'air sur la surface de l'eau. » La même idée se trouve encore exprimée par M. Sorby [3] dans un article

plusieurs auteurs dans diverses revues scientifiques. Qu'il me soit permis, à cette occasion, de regretter qu'aucun d'eux n'ait mentionné l'ouvrage classique des frères Ernst-Friedrich et Wilhelm Weber, publié à Leipzig en 1825 sous le titre : *Wellenlehre auf Experimente gegründet oder über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall- und Lichtwellen*. Non seulement les frères Weber citent un grand nombre d'observations faites avant eux et prouvant que les vagues de la mer agissent jusqu'à une grande profondeur, mais ils concluent de leurs propres expériences que le mouvement oscillatoire de l'eau, causé par l'action des vagues, est encore appréciable à une profondeur égale à 350 fois la hauteur de celles-ci.

[1] Lyell, *Manual of elementary Geology*, 3e éd., p. 19.

[2] J. Beetes Jukes, *Manual of Geology*, 1re éd., p. 172.

[3] *On the Structures produced by the currants present during the*

relatif aux structures produites par les courants pendant la formation des roches stratifiées.

L'explication donnée par Lyell ne saurait évidemment s'appliquer aux rides qui se produisent dans les localités où il n'existe pas de courants, par exemple sur le bord des lacs. D'ailleurs les rides ainsi formées à la manière des dunes devraient toujours être inégalement inclinées sur leurs deux pans opposés, puisqu'elles ne recevraient les grains de sable que d'un seul côté. Ces objections ont frappé M. le prof. F.-A. Forel qui, dans une notice publiée en 1878 [1], combat et rejette la manière de voir de Lyell. M. Forel a bien reconnu que les dunes de sable formées dans les cours d'eau sont asymétriques, leur pente amont étant moins inclinée que leur pente aval, mais il a constaté que les rides formées dans les eaux dormantes, les *rides de fond*, comme il les appelle, sont au contraire remarquables par la parfaite symétrie de leurs deux faces.

M. Forel a étudié avec un soin particulier les rides de fond qui existent dans le lac Léman, aux environs de Morges. Il a reconnu que leur direction est indépendante de celle du vent et des vagues et il en a conclu que les

deposition of stratified rocks. Geologist, avril 1859. M. Sorby s'exprime ainsi (p. 141) : « On pourrait déterminer facilement la direction du vent d'après celle des vagues et des rides qu'il produit à la surface de l'eau De même lorsqu'un courant d'eau se meut sur du sable mêlé d'eau, il se produit de petites ondulations en forme de vagues à la surface de ce mélange semi-fluide qui compose le fond. La nature de la matière formant ces ondulations est telle qu'elles persistent dans leur forme lorsque le courant cesse et enregistrent de la sorte la direction du courant qui devait nécessement leur être perpendiculaire. »

[1] *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, février 1878, p. 66, mars 1878, p, 76.

vagues d'oscillation progressive, soit les vagues superficielles produites par le vent, ne sont pas la cause immédiate des rides de fond. Ayant d'autre part réussi à reproduire artificiellement le phénomène en faisant balancer l'eau contenue dans un bassin de forme quelconque renfermant du sable, il a admis que les rides de fond, telles qu'il les a observées dans le lac, sont dues à des oscillations fixes, résultant elles-mêmes de l'action prolongée du vent sur la surface.

Tout récemment enfin, M. Hunt [1] a publié dans les Proceedings de la Société Royale, un important travail sur le même sujet. L'observation attentive des rides formées dans la mer, ainsi que de celles qu'il a obtenues par le balancement de l'eau contenue dans un réservoir artificiel d'assez grande dimension, l'ont amené à conclure comme M. Jukes, que ce phénomène résulte de courants de sens alternants, produits au fond de l'eau par l'action des vagues. Se fondant sur une étude détaillée de la topographie des rides visibles aux environs de Torbay, il est, comme M. Forel, d'avis que leur orientation est indépendante de la direction du vent qui produit les vagues.

Tel était, en résumé, l'état des connaissances acquises sur ce sujet, lorsque j'en ai à mon tour abordé l'étude. Mes recherches confirment pleinement les observations de MM. Forel et Hunt, relatives à la formation des rides par le simple balancement de l'eau. D'autre part, en opérant dans des conditions bien déterminées et avec des appa-

[1] Arthur Roope Hunt, On the formation of ripplemarks. *Proceedings of the royal Society*, avril 1882. On trouvera, en outre, dans cet écrit des données intéressantes relatives à l'action des vagues sur les coquillages qui habitent le fond de la mer et sur la profondeur à laquelle cette action se fait sentir.

reils appropriés, j'ai pu suivre en détail les phases du phénomène et en saisir les lois. De plus, j'ai réussi à le reproduire dans des circonstances fort différentes du simple balancement et à réaliser ainsi plusieurs expériences qui sont de nature à jeter un jour nouveau sur la question en lui donnant une portée plus grande que celle qu'on lui a attribuée jusqu'ici. On verra que les résultats de ces expériences justifient et complètent la manière de voir de M. Jukes, citée tout à l'heure, en montrant que la formation des rides est le résultat d'une action localisée à la surface même du dépôt sur lequel elles se produisent.

Du reste, je me suis occupé du phénomène des rides à un point de vue plus général qu'on ne l'avait fait jusqu'ici. Au lieu de me borner à l'étude de celles qui se forment sur le sable, j'ai opéré avec un grand nombre de matières pulvérulentes ou visqueuses [1] très diverses et je me suis appliqué à varier autantque possible les conditions des expériences. En définitive je suis, de la sorte, arrivé à la conclusion que les rides formées dans les bassins naturels ne sont qu'un cas particulier d'un fait physique très général qui trouve son expression dans l'énoncé suivant :

Lorsqu'une matière visqueuse en contact avec un liquide moins visqueux qu'elle-même, éprouve un frottement oscillatoire ou intermittent [2], *résultant du mouvement de la*

[1] En fait de matières pulvérulentes, j'ai employé les suivantes : sables divers, acide silicique pur, spath fluor, carbonate de chaux, carbonate de baryte, carbonate de magnésie, verre pilé, outremer, soufre, fer, cuivre, oxyde de cuivre, amidon, liège ; j'ai aussi reproduit le phénomène sous toutes ses formes avec des liquides très visqueux par eux-mêmes, tels que le sirop de fruits, le goudron, le sang.

[2] Par *frottement oscillatoire*, j'entends un frottement qui s'exerce alternativement dans deux sens opposés, et par *frottement intermit-*

couche liquide qui la recouvre, ou de son propre déplacement relativement à cette couche, 1° la surface de la matière visqueuse se ride perpendiculairement à la direction de ce frottement, et 2° l'intervalle compris entre les rides ainsi formées, autrement dit leur écartement, est en raison directe de l'amplitude du frottement.

Dans cet énoncé, l'expression de *matière visqueuse* s'applique non seulement aux liquides notablement visqueux par eux-mêmes, tels que les sirops, le goudron, etc., mais aussi aux mélanges de poussières insolubles avec les liquides non visqueux, mélanges qui ne sont jamais aussi parfaitement fluides que ces liquides eux-mêmes. Ainsi les amas de bulles d'air à la surface de l'eau constituent des masses douées d'une certaine viscosité, faible, il est vrai, mais très suffisante pour donner lieu à la formation des rides, comme je l'ai constaté dans mes expériences en vases clos, dont il sera question plus loin.

Les rides sont donc, selon moi, le résultat du frottement oscillatoire ou intermittent qui s'exerce entre la matière plus ou moins visqueuse qui les constitue et la couche de liquide en contact avec elle. Je le prouverai en montrant qu'elles peuvent être reproduites dans des conditions qui ne permettent d'invoquer d'autre cause que ce simple frottement local. Il est d'ailleurs manifeste que dans toutes les circonstances naturelles ou expérimentales dans lesquelles ce phénomène a lieu, le mouvement du liquide est toujours nécessairement accompagné

tent celui qui agit toujours dans un même sens, mais avec une intensité variable. L'amplitude du frottement oscillatoire étant la distance parcourue dans un même sens par le corps frottant, l'amplitude du frottement intermittent sera la distance parcourue par le corps frottant entre deux changements de vitesse successifs.

d'un frottement oscillatoire ou intermittent des parois du bassin qui le renferme.

On comprendra, sans peine, qu'il doit en être ainsi lorsque les rides prennent naissance pendant les ondulations de la surface libre de l'eau. Toute vague, en effet, qu'elle soit stationnaire ou qu'elle se propage, se compose à la fois d'un dénivellement de la surface et d'une oscillation horizontale des molécules liquides. Il s'ensuit que toute surface à laquelle se transmet l'action d'une vague, éprouve simultanément un choc normal et un frottement oscillatoire. Ce genre de frottement est particulièrement accentué dans le cas où le mouvement du liquide consiste en un simple balancement uninodal.

Dans les eaux courantes, le frottement sur le fond est rendu intermittent par les variations continuelles de sa vitesse d'écoulement.

Il est, du reste, très facile de se convaincre que les rides peuvent être produites par le simple frottement de l'eau, indépendamment de tout dénivellement de sa surface libre ou de tout mouvement général de sa masse. Pour cela j'ai fait usage de disques circulaires à surface lisse (Pl. VI, fig. 2) de bois, de verre ou de toute autre substance. Chaque disque porte en son milieu une tige mince qui sert à le faire mouvoir sous l'eau sans agiter celle-ci. La tige est engagée dans un tube en verre passant lui-même au travers d'une plaque de liège qui se place sur les bords de l'auge de forme quelconque dans laquelle on veut expérimenter. La tige étant mobile dans le tube, on peut, en la faisant tourner, imprimer au disque un mouvement de rotation dans son plan.

Après avoir placé le disque sur le fond de l'auge, contenant de l'eau et une matière pulvérulente insoluble, on

agite le liquide avec un pinceau, de manière que cette matière, en se déposant ensuite, constitue une couche uniforme recouvrant à la fois le fond de l'auge ainsi que le disque. Cela fait, si l'on communique à celui-ci un mouvement de va-et-vient rectiligne en le faisant glisser dans une direction quelconque sur le fond de l'auge, on le verra se recouvrir de rides perpendiculaires à cette direction; et si on lui donne un mouvement de rotation oscillatoire autour de son centre, les rides seront régulièrement disposées en rayons partant de la périphérie et dirigés vers ce centre. D'ailleurs, quel que soit le mouvement imprimé au disque, on constatera que la formation des rides est absolument confinée à la surface de celui-ci et que la matière déposée en dehors de cette surface, sur le fond de l'auge, n'éprouve aucun ébranlement, ce qui prouve que les rides produites sur le disque sont le résultat d'une action toute locale.

On se demandera comment le simple frottement, lorsqu'il est oscillatoire ou intermittent, peut produire un semblable résultat. La théorie de cette action m'a fort embarrassé aussi longtemps que j'opérais avec des matières pulvérulentes dont le mélange avec l'eau a une si faible viscosité que ses rides se forment presque instantanément. Mais en expérimentant ensuite avec le goudron, j'ai pu enfin me rendre beaucoup mieux compte de la manière dont le phénomène se passe.

En effet, grâce à la grande viscosité de ce liquide, les rides que le frottement de l'eau engendre à sa surface se forment avec assez de lenteur pour qu'on puisse en observer le développement graduel. On arrive alors à la conviction que l'effet du frottement de l'eau sur la matière visqueuse est tout à fait identique à celui du frottement de l'air sur la surface libre d'un liquide non visqueux : il

y développe des vagues. Mais comme le mouvement du liquide est beaucoup plus rapide que celui de la matière visqueuse, ces vagues une fois soulevées persistent en place, parce que la viscosité du goudron ne leur laisse pas le temps de se niveler entre les impulsions successives que leur imprime le liquide dans son mouvement oscillatoire ou simplement intermittent. Ces vagues visqueuses ont tous les caractères des rides formées par les matières pulvérulentes. Leur orientation et leur écartement obéissent aux mêmes lois. Je les ai obtenues dans les mêmes circonstances que les rides ordinaires, même au moyen du disque tournant ou glissant dont il a été question ci-dessus.

Ces expériences montrent que les rides, en général, sont des vagues visqueuses. Celles du goudron s'affaissent et s'effacent lorsqu'on suspend le frottement qui leur a donné naissance. Toutefois, si ce mouvement est très énergique, l'eau finit par isoler complètement les unes des autres les vagues visqueuses du goudron, en s'intercalant entre elles et celles-ci persistent alors, même après la cessation du mouvement. Dans le cas des matières qui doivent leur viscosité à la présence de particules solides, les rides sont toujours permanentes parce que la pesanteur, ou la poussée s'il s'agit de matières plus légères que le liquide, accumule ces particules à la base des rides où elles forment une masse compacte.

On voit que le problème de la formation des rides se trouve ramené à celui de la formation des vagues de frottement. Or celui-ci, de même que toutes les questions qui appartiennent à l'hydrodynamique, est encore loin d'avoir reçu une solution mathématique tout à fait satisfaisante. Sous ce rapport il est, ce me semble, fort à désirer que le phénomène qui m'a occupé fixe, davantage

qu'il ne l'a fait jusqu'ici, l'attention des physiciens. Une étude approfondie de ces vagues visqueuses produites par le frottement des liquides serait, je crois, fertile en résultats importants pour l'hydrodynamique.

Conformément à l'énoncé général formulé ci-dessus, les rides ne prennent naissance qu'au contact de deux substances de viscosité très inégale. Lorsqu'on fait osciller ensemble, dans le même bocal, deux liquides non susceptibles de se mêler, mais tous deux à peu près également fluides, tels par exemple que le mercure et l'eau, ou l'essence de canelle et l'eau, ou encore l'eau et la thérébentine, il ne se produit pas de rides à la surface de séparation des deux corps superposés. Mais le phénomène peut avoir lieu si l'on intercale entre eux une poudre insoluble formant avec l'eau un mélange doué de quelque viscosité. C'est ce que j'ai constaté en répandant, par exemple, de la poussière de silice ou du carbonate de baryte sur du mercure recouvert d'une couche d'eau.

J'ai vainement essayé de produire des rides en employant l'huile d'olive comme liquide. Les poussières, quelles qu'elles fussent, s'y agglutinaient en masses de diverses formes, qui ne prenaient aucune orientation. L'huile n'agissait pas non plus sur les liquides visqueux tels que le sirop et le goudron.

Par contre l'essence de thérébentine, la benzine, l'alcool, l'éther sulfurique, le sulfure de carbone, l'acide acétique, l'acide sulfurique m'ont donné les mêmes résultats que l'eau, en faisant usage, cela va sans dire, de poussières sur lesquelles ces liquides n'exercent pas d'action chimique, tout en se mêlant avec elles[1].

[1] L'indifférence chimique, en effet, n'est pas la seule condition nécessaire pour que le liquide produise des rides avec une poussière

Après avoir fait connaître les résultats généraux de mes recherches ainsi que les idées théoriques qu'elles m'ont suggérées relativement à l'interprétation du phénomène, je vais décrire, plus en détail, quelques-unes des expériences que cette étude m'a amené à faire.

II

RIDES DUES AU BALANCEMENT

Mes premières recherches ont eu pour objet l'observation du phénomène dans des auges ouvertes, contenant de l'eau à laquelle on imprime un mouvement de balancement.

Ce mouvement peut être réalisé de deux manières différentes qui conduisent d'ailleurs l'une et l'autre au même résultat. On peut, en effet, ébranler directement l'eau elle-même au moyen d'une palette en bois que l'on immerge de champ dans l'auge et à laquelle on donne un mouvement de va-et-vient vertical, qui ne tarde pas à entraîner toute la masse liquide. Selon la rapidité du mouvement de la palette, il se produit alors un simple balancement uninodal de la surface de l'eau autour d'un axe horizontal passant par son milieu, ou un système d'ondes stationnaires multiples. Mais on peut aussi obtenir les mêmes mouvements de l'eau en agitant l'auge elle-même. Si on la fait osciller autour d'un axe horizontal, on obtient

donnée. Il faut en outre que celle-ci forme avec le liquide un mélange doué d'une certaine viscosité, ce qui exige qu'il y ait adhésion entre eux. C'est probablement pour cela que le sulfure de carbone ne produit pas de rides avec l'acide silicique en poudre, tandis qu'il en donne avec la fleur de soufre.

un mouvement de balancement uninodal et l'on peut produire un système d'ondes stationnaires multiples en lui imprimant un mouvement de va-et-vient rectiligne sur une table horizontale.

Quelle que soit celle de ces méthodes que l'on emploie, le sable ou la matière insoluble quelconque répandue dans le liquide ou déjà déposée au fond de l'auge, s'amasse en rides rectilignes dont la direction est perpendiculaire à la composante du mouvement, parallèle à la surface du fond. Cette loi d'orientation permet d'obtenir telle direction des rides que l'on veut en faisant balancer l'eau autour d'un axe perpendiculaire à cette direction.

Lorsqu'on ébranle l'eau au moyen de la palette, le fond de l'auge demeure constamment horizontal, mais il n'en est plus de même lorsque le balancement uninodal est obtenu par la seconde méthode. Dans ce cas, les rides se forment sur une surface inclinée, ce qui est, du reste, le cas le plus fréquent dans la nature.

La forme de l'auge, ainsi que je l'ai déjà dit, n'a pas d'influence sur l'orientation des rides. Il n'est pas non plus indispensable que le fond soit plane, bien que les rides soient plus régulières lorsque cette condition est remplie. Dans tous les cas, celles-ci sont d'autant plus espacées et en même temps d'autant plus épaisses que l'amplitude des oscillations de l'eau est plus grande. Lorsque cette amplitude est très petite, le fond de l'auge se couvre presque en entier de rides minces, peu régulières et s'anastomosant entre elles, mais n'en ayant pas moins, en moyenne, une direction perpendiculaire à la composante horizontale du mouvement. Si l'on augmente ensuite l'amplitude d'oscillation, les rides s'écartent à vue d'œil les unes des autres. Une partie d'entre elles, surtout les plus

voisines des extrémités de l'auge, s'effacent et la matière qui les formait va se réunir aux rides les plus rapprochées du milieu dont l'épaisseur augmente ainsi en même temps que leur écartement, puisque la même quantité de matière se trouve alors répartie sur un plus petit nombre de rides.

Pour observer ces résultats dans toute leur netteté, je me suis servi d'une auge rectangulaire en verre, à faces latérales parallèles et dont le fond est parfaitement plan (Pl. VI, fig. 1). Cette auge se place sur une tablette oscillante, portée sur un trépied et munie en dessous d'un contre-poids faisant l'office de pendule-régulateur. On peut facilement, au moyen de cette disposition, modifier à volonté l'amplitude des oscillations de l'eau qui prend un mouvement concomitant avec celui de l'auge.

Les rides formées dans l'auge oscillante qui vient d'être décrite sont d'une grande netteté. Elles prennent naissance dans la région médiane de l'auge, de part et d'autre du plan vertical qui la partage en deux parties égales. C'est aussi dans cette région que la composante horizontale du balancement est prédominante. Pour une même amplitude d'oscillation et une même profondeur de l'eau, on obtient toujours, en répétant l'expérience plusieurs fois de suite, un même nombre de rides occupant à très peu de chose près les mêmes positions et dont le degré d'écartement ne varie, par conséquent, pas [1]. Il

[1] J'ai vérifié cette loi à maintes reprises au moyen de l'auge oscillante. Dans ce but, je plaçais sous celle-ci une feuille de papier assez grande pour qu'on pût marquer sur ses bords les extrémités des rides. En imprimant à plusieurs reprises à l'auge une même amplitude d'oscillation, après avoir, avant chaque expérience, agité la masse liquide au moyen d'un pinceau, j'obtenais plusieurs fois de suite des rides produites dans les mêmes conditions quant au mouvement et à la profondeur de l'eau. Je pouvais alors constater qu'il

faut cependant pour cela que l'amplitude ne soit pas trop faible, sans quoi les rides sont trop nombreuses et plus ou moins irrégulières, ce qui tient sans doute à des causes perturbatrices qui influent moins lorsque l'eau est animée d'un mouvement plus ample.

Mais il est aussi à remarquer qu'au début de chaque expérience et quelle que soit l'amplitude du mouvement, il se forme, tout d'abord, un très grand nombre de petites rides anastomosées en un réseau dont les mailles sont distinctement allongées dans le sens perpendiculaire à la direction du mouvement (Pl. VII, fig. 1). Ce n'est qu'après

se formait chaque fois le même nombre de rides occupant à très peu de chose près les mêmes positions. A chaque expérience, je mesurais avec un compas la distance séparant les arêtes des deux rides les plus voisines du milieu de l'auge et je constatais que cet écartement variait extrêmement peu, ainsi que le prouvent les chiffres contenus dans le tableau suivant. Ce tableau se rapporte à quatorze épreuves successives dans lesquelles la profondeur de l'eau était égale à 5 centimètres. L'amplitude des oscillations de l'eau, au début de chaque épreuve, était de 7 centimètres, et le pendule exécutait 64 demi-oscillations par minute. La poussière répandue dans l'auge était de l'acide silicique chimiquement pur.

Écartement en centimètres des deux rides médianes.	Nombre des rides formées.
2,8	3
2,6	»
2,5	»
2,6	»
2,2	»
2,2	»
2,7	»
2,2	»
2,5	»
2,8	»
2,6	»
2,7	»
2,6	»
2,8	»

un certain nombre d'oscillations que la poussière s'accumule sur les rides définitives qui correspondent à chaque amplitude (Pl. VII, fig. 2).

Si l'on mélange dans la même auge plusieurs substances pulvérulentes de nature différente, et dont les particules sont d'inégale grosseur, toutes ces poussières se déposent ensemble sur les mêmes rides en s'y superposant de manière que les particules les plus légères se trouvent au-dessus des plus lourdes.

Ici se présente une contradiction apparente entre les résultats que M. Forel a obtenus relativement à l'épaisseur des rides et ce que j'ai dit moi-même au sujet de leur écartement. D'après M. Forel[1], *l'épaisseur des rides est en raison directe du volume des grains de sable qui les forment*, ce qui semblerait impliquer que leur écartement dépend aussi de la même circonstance; tandis que d'après mes observations, cet écartement *est en raison directe de l'amplitude du mouvement oscillatoire de l'eau.* Avec un peu de réflexion, on verra pourtant que ces deux énoncés ne sont pas contradictoires. En effet, il est clair que, pour une même nature de poussière, les grains les plus volumineux étant les plus lourds, exigent pour être charriés par l'eau un mouvement de celle-ci plus ample que celui qui suffit à déplacer les grains les plus fins et par suite les plus légers. Les sables grossiers ne peuvent donc produire que des rides correspondant à une amplitude considérable, en sorte que ces rides sont plus espacées et en même temps plus épaisses que celles formées par des sables fins.

Si dans la même auge rectangulaire on remplace les poussières solides auxquelles se rapportaient les expé-

[1] *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1878, p. 67.

riences qui précèdent par un liquide visqueux qui ne se mêle pas à l'eau, tel, par exemple, que le goudron ou le sirop de fruit, on obtient encore à la surface de ce liquide des rides rectilignes perpendiculaires à la direction de la composante du mouvement parallèlement à cette surface. Lorsque l'amplitude du balancement est suffisante, la masse visqueuse s'accumule même tout entière sur ces rides entre lesquelles l'eau s'intercale en pénétrant jusqu'au fond de l'auge.

Je n'ai encore parlé que des rides qui se produisent pendant le balancement uninodal. Lorsqu'il existe dans l'auge plusieurs ondes stationnaires, il se forme autant de systèmes de rides qu'il y a de ces ondes et ces rides sont groupées de part et d'autre de chaque plan vertical séparant deux ondes contiguës (Pl. III, fig. 2). On peut donner à ces rides le nom de *rides d'ondulation* pour indiquer qu'elles ne résultent pas d'un simple balancement de la surface libre du liquide.

Les rides de balancement ou d'ondulation ont ceci de particulier que leur écartement, pour une même amplitude des oscillations de la surface, dépend de la profondeur du liquide dans lequel elles prennent naissance.

En effet, voyons d'abord ce qui se passe dans le cas où l'eau est animée d'un simple balancement uninodal de part et d'autre du plan médian partageant l'auge en deux parties égales. Le dénivellement de la surface est nul dans ce plan tandis que le déplacement horizontal de l'eau y atteint au contraire son maximum.

A chaque oscillation de la surface, un certain volume d'eau est lancé du côté de l'auge où le liquide s'abaisse vers celui où il s'élève. Ce volume d'eau doit donc, à chaque oscillation, être débité horizontalement dans un sens

ou dans l'autre au travers du plan médian. Or, la surface de ce plan augmente avec la profondeur de l'eau, d'où il suit que son débit, et par suite le trajet horizontal de l'eau qui le traverse, diminue avec la profondeur du liquide.

Dans le cas des ondes stationnaires multiples, le même raisonnement s'appliquerait au trajet horizontal de l'eau au travers du plan vertical séparant deux ondes contiguës.

En se servant de l'auge oscillante, il est aisé de vérifier qu'un même écartement des rides correspond à une amplitude de balancement d'autant plus faible que la profondeur du liquide est elle-même plus grande.

Ainsi que je l'ai dit précédemment, chaque ride se termine à la partie supérieure par une crête composée des particules les plus légères. Tant que dure le balancement du liquide, ces particules sont animées d'un mouvement pendulaire qui les transporte alternativement de part et d'autre de la crête. Aussi longtemps que l'amplitude de ce balancement est égale à celle qui a donné naissance aux rides, les particules mobiles parcourent à chaque demi-oscillation toute la distance qui sépare l'une de l'autre deux crêtes consécutives. Ce va-et-vient des particules s'étend jusqu'à une certaine distance au-dessous du sommet de chaque crête, mais son amplitude va en diminuant de haut en bas, en raison du poids plus considérable des particules inférieures. Il en résulte que chacune de ces crêtes mobiles a l'apparence d'une lamelle qui oscille sur le sommet de la ride qu'elle termine et s'étire en même temps dans le sens du mouvement de l'eau, ce qui lui donne tout à fait l'apparence d'un corps visqueux.

Lorsque l'amplitude du balancement du liquide dimi-

nue, il en est naturellement de même des excursions de ces lamelles, et si l'on vient à arrêter subitement le balancement, les particules composant les crêtes mobiles peuvent se déposer entre les rides où elles forment un système de rides secondaires plus minces, intercalées entre celles qui correspondent au maximum d'amplitude du balancement.

Ces mouvements très visibles n'ont pas échappé aux divers observateurs qui se sont occupés des rides dues au balancement. Mais il y en a encore d'autres qu'ils ne paraissent pas avoir remarqués et sur lesquels je désire attirer l'attention.

Un fait particulièrement intéressant à observer est celui de la régénération des rides après qu'elles ont été partiellement détruites. Si l'on efface en partie avec un pinceau une ride formée sur le fond plane et horizontal de l'auge, sans interrompre le balancement du liquide, on ne tarde pas à voir la portion de ride ainsi détruite se reconstituer par l'allongement de la portion restée intacte. Cela résulte évidemment de ce que le liquide exerce sur les rides une véritable compression latérale qui tend à les dilater dans le sens de leur longueur, dès qu'il se produit une lacune permettant un déplacement des particules.

Enfin, il importe aussi de considérer l'effet que peut exercer la pesanteur agissant dans le sens de la longueur des rides pendant le balancement du liquide.

Il va de soi que si l'on incline suffisamment le fond de l'auge, la matière des rides glisse sur la surface, de manière à s'accumuler à l'extrémité inférieure de chaque ride qui se trouve, de la sorte, transformée en un monticule plus ou moins élevé et plus ou moins large, selon

l'abondance de cette matière. Mais si, tout en entretenant le balancement du liquide, on vient à incliner le fond de l'auge dans une direction opposée à celle qu'on lui avait d'abord donnée, on voit ces monticules s'allonger de nouveau en rides occupant la même position que celles qui leur ont donné naissance. Il est très intéressant de suivre cet écoulement graduel de la matière plus ou moins visqueuse formant les rides, écoulement que l'on peut ralentir ou accélérer à volonté et dont il est même facile de modifier la direction en changeant celle du balancement du liquide.

On peut aussi commencer par accumuler en une couche uniforme, contre l'un des bords de l'auge, toute la matière destinée à former les rides et imprimer ensuite au liquide un mouvement de balancement, tout en maintenant le fond suffisamment incliné. Dans ce cas, la matière visqueuse s'écoule comme d'elle-même en rides distinctes et régulières au lieu de descendre en nappe plus ou moins uniforme, ainsi que cela a lieu si le liquide n'oscille pas.

RIDES DE ROTATION

Je vais m'occuper maintenant des rides qui résultent non plus du balancement ou des ondulations, mais d'un mouvement rotatoire du liquide, et je les désignerai sous le nom de *rides de rotation*.

1° Auges ouvertes.

Lorsqu'on imprime au vase renfermant le liquide un mouvement de rotation autour d'un axe vertical quelconque, ce liquide, ou du moins ses couches périphériques

en contact avec les parois du vase, sont entraînées et prennent un mouvement de circulation qui persiste un certain temps après que l'on a suspendu le mouvement du vase lui-même. Il en résulte un frottement entre le liquide et les parois qui le renferment. Si l'on intervertit alternativement le sens de la rotation du vase, ce frottement s'exerce donc lui-même alternativement dans deux sens opposés et si le vase contient une poussière insoluble ou un liquide visqueux, il se forme, comme dans le cas du balancement, des rides orientées à angle droit avec la direction de ce frottement.

On conçoit que l'on peut varier d'une foule de manières les expériences dans lesquelles se produisent ces rides de rotation.

L'expérience la plus simple consiste à faire osciller une auge circulaire autour d'un axe vertical passant par son centre. Pour cela, je la place sur un trépied portant une platine horizontale que l'on fait tourner alternativement dans un sens et dans l'autre au moyen d'un levier (Pl. VI, fig. 3). Une graduation marquée sur le bord fixe du trépied permet d'ailleurs de donner au mouvement de la platine mobile une amplitude déterminée. Dans ces circonstances, le fond de l'auge se recouvre de rides rayonnantes (Pl. IX, fig. 1), partant des bords de celle-ci et dirigées vers son milieu.

Cette disposition des rides produites par la rotation oscillante d'une auge circulaire autour de son centre prouve, à elle seule, que leur écartement est directement proportionnel à l'amplitude du frottement qui leur donne naissance. En effet, sur toute la surface du fond de l'auge, cette amplitude est nécessairement proportionnelle à la distance au centre. Il s'ensuit que, dans des auges circu-

laires de diamètres différents, l'écartement des rides, mesuré à une même distance du centre, est le même à égale amplitude du mouvement angulaire autour de ce centre.

Dans une même auge, l'écartement des rides rayonnantes, mesuré à la périphérie, doit donc aussi être proportionnel à l'amplitude du mouvement angulaire. Mais cette proportionnalité n'existe qu'entre certaines limites qu'il n'est pas aisé de définir. Cela tient à ce que la vitesse même joue ici un rôle indépendant de l'amplitude. D'une part si, pour une même amplitude, la durée de chaque oscillation est trop considérable, c'est-à-dire si la vitesse est trop faible, la force vive développée n'est pas suffisante pour déplacer et orienter la matière visqueuse et, d'autre part, une trop grande vitesse du mouvement fait tourbillonner cette matière en la soulevant d'une manière irrégulière [1].

[1] Le tableau suivant montre bien, d'ailleurs, que dans une même auge circulaire et pour une même amplitude du mouvement imprimé à cette auge, le nombre des rides et par suite leur écartement restent très sensiblement constants, les petites variations observées dans le nombre de ces rides pouvant être, sans erreur, attribuées à des causes perturbatrices secondaires, telles que l'inégalité du mouvement ou l'inclinaison du fond de l'auge, qui n'est pas toujours parfaitement horizontal, etc.

Auge circulaire, diamètre = 8 cent., profondeur = 35 mill. complètement remplie d'eau et fermée à sa partie supérieure au moyen d'une glace plane.

Amplitude du mouvement angulaire.	Nombre des demi-oscillations de l'auge par minute.	Nombre des rides.
2°	160	33
»	»	29
»	»	34
»	»	27
»	»	29
»	»	34

J'ai fait un grand nombre de séries d'épreuves de ce genre, et,

Lorsque le liquide contenu dans une auge circulaire prend un mouvement de balancement, tandis que celle-ci oscille autour de son centre, il se forme à la fois des rides rayonnantes et des rides dues au balancement, ce qui produit des dispositions aréolées (Pl. IX, fig. 2). C'est pourquoi la formation des rides rayonnantes ne réussit bien que lorsque la profondeur du liquide est assez grande pour que les balancements presque inévitables de la surface libre ne se fassent pas sentir jusqu'au fond de l'auge.

2° Auges fermées.

On peut d'ailleurs se mettre tout à fait à l'abri de la cause de perturbation qui vient d'être signalée en remplissant complètement l'auge et en la fermant hermétiquement au moyen d'une glace plane. En faisant usage de cette disposition, il est facile de démontrer que l'écartement des rides de rotation est indépendant de la profondeur. Il suffit pour cela de placer l'une sur l'autre deux auges d'inégale profondeur auxquelles on imprime simultanément le même mouvement. On constate alors aisément que l'écartement des rides, et par suite leur

toujours avec le même résultat : *Pour une même amplitude, le nombre des rides est sensiblement constant.* Ce nombre ne varie *pas* non plus, lorsqu'on augmente la quantité de poussière contenue dans l'auge, au moins dans les expériences telles que celles dont il est ici question, dans lesquelles la masse du liquide est toujours très considérable, de sorte que la viscosité du mélange d'eau et de poussière reste la même. Par exemple, ayant doublé la quantité de silice contenue dans l'auge qui servait aux expériences résumées dans le tableau précédent, quantité qui était égale à 1 décigramme, j'ai obtenu pour une même amplitude et un même nombre d'oscillations par minute les nombres de rides suivants, dans cinq épreuves successives : 34, 32, 34, 34, 34. Enfin, après avoir ajouté encore 1 décigramme de silice, j'ai obtenu les nombres : 26, 32, 33, 33, 35.

nombre, sont les mêmes dans les deux auges superposées. C'est aussi de cette manière que j'ai pu constater que la nature du liquide n'a pas d'influence appréciable sur l'écartement des rides. Ayant placé de la sorte, l'une sur l'autre, deux auges circulaires renfermant toutes les deux de la poudre d'acide silicique, mais dont l'une était pleine d'alcool, tandis que l'autre contenait de l'eau, j'ai toujours obtenu sensiblement le même nombre de rides dans chacune d'elles.

Les rides rayonnantes sont particulièrement intéressantes lorsqu'on les réalise avec les liquides visqueux. En employant le sirop de fruits rouge comme corps visqueux on obtient des rides aussi nombreuses que celles produites dans la même auge par les matières pulvérulentes, telles que l'acide silicique. Cela tient à ce que la faible viscosité du sirop diminue encore pendant l'expérience, à mesure que ce corps se mêle à l'eau superposée. Aussi le sirop produit-il des rides même pour de très petites amplitudes du mouvement d'oscillation.

Il n'en est plus de même lorsqu'on opère avec le goudron qui est doué d'une beaucoup plus grande viscosité que le sirop et avec lequel l'eau ne se mélange pas. On constate alors que le phénomène ne se produit que si l'amplitude des oscillations de l'auge est considérable et l'on n'obtient qu'un petit nombre de rides [1]. Celles-ci, épaisses au début,

[1] Ainsi, la même auge d'un diamètre de 8 centimètres qui, pour une amplitude de 2°, à raison de 160 oscillations par minute, donnait de 27 à 34 rides avec l'acide silicique en poudre, n'en fournissait plus que 8 ou 9 avec le goudron pour une amplitude de 10° et une même vitesse du mouvement oscillatoire. Au bout d'un certain temps, le goudron ayant perdu un peu de sa viscosité par son contact avec l'eau, on obtenait dans la même auge de 9 à 10 rides pour une amplitude de 4° et 160 oscillations par minute.

s'amincissent ensuite peu à peu par l'effet de la compression latérale de l'eau intercalée entre elles et il en résulte qu'elles s'élèvent à une grande hauteur au travers du liquide. Finalement tout le goudron est chassé par la force centrifuge vers les bords de l'auge, où il forme un certain nombre de monticules qui vont en s'amincissant de la base au sommet, et oscillent de droite et de gauche, comme les herbes dans un marais agité par le vent.

Dans les expériences qui viennent d'être décrites, le frottement oscillatoire donnant naissance aux rides était toujours produit par un va-et-vient rotatoire de l'auge renfermant le liquide. On peut provoquer aussi le même genre de frottement en faisant tourner l'auge constamment dans le même sens, pourvu que ce mouvement soit intermittent. A chaque impulsion donnée à l'auge, ses parois tournent, en effet, plus vite que le liquide qu'elle contient, d'où résulte, sur la matière visqueuse adhérente à son fond, une friction inverse de celle produite par la circulation du liquide lui-même. Si l'on opère de cette manière on produit facilement des rides rayonnantes, moins nettes, il est vrai, que dans le cas du mouvement de rotation oscillatoire.

3° Flacons tournants ou oscillants.

Le phénomène des rides peut aussi être réalisé, avec tous ses caractères habituels, dans des flacons de forme et de dimension quelconques, complètement remplis de liquide et hermétiquement bouchés.

Il est clair que, dans de semblables conditions, le liquide ne peut se mouvoir que si l'on imprime au flacon un mouvement rotatoire; tandis qu'en vertu de son incompressibilité, ce liquide doit rester immobile à l'intérieur du fla-

con pour tout déplacement rectiligne de celui-ci. On peut aisément s'assurer qu'il en est ainsi en observant des particules légères en suspension dans le liquide pendant que l'on fait mouvoir le flacon. Elles restent parfaitement immobiles si l'on donne à celui-ci un mouvement de va-et-vient rectiligne, tandis qu'elles accusent immédiatement un déplacement circulatoire du liquide pour peu que le mouvement cesse d'être rectiligne. Cette circulation du liquide se prolonge pendant quelque temps encore après que l'on a cessé d'agiter le flacon. Il en résulte que toutes les fois que celui-ci oscille autour d'un axe de rotation, il se produit un frottement oscillatoire entre ses parois et la couche liquide qu'elles entraînent. Ce frottement donne forcément naissance au phénomène des rides lorsque le flacon renferme une matière pulvérulente ou visqueuse insoluble.

Si l'on imprime au flacon un mouvement de balancement autour d'un axe horizontal en le faisant, par exemple, reposer par son milieu sur un doigt d'une main pendant qu'on le fait balancer avec l'autre main, il se produit un système de rides parallèles à l'axe d'oscillation, c'est-à-dire perpendiculaires à la direction du frottement qui a lieu dans son intérieur (Pl. X, fig. 1).

En changeant la direction de cet axe, on modifie à volonté celle des rides. En faisant balancer le flacon successivement dans des directions différentes, on obtient ainsi sur la même face divers systèmes de rides dont les entre-croisements peuvent former les quadrillages les plus variés. Ces expériences réussissent naturellement beaucoup mieux dans les flacons à faces planes ou légèrement courbes que dans ceux de forme cylindrique à forte courbure, dans lesquels on obtient cependant aussi les mêmes résultats, avec moins de netteté, il est vrai.

Au lieu de faire balancer le flacon autour d'un axe horizontal, si on lui imprime un mouvement de va-et-vient rotatoire autour d'un axe vertical passant par son milieu, on produit sur tout son pourtour des rides perpendiculaires à la direction du mouvement circulatoire du liquide qu'il renferme. Dans un flacon circulaire, ces rides sont dirigées suivant le rayon de la face sur laquelle elles prennent naissance. Mais lorsque cette face est de forme rectangulaire, elle s'entoure d'une frange de rides parallèles ou sensiblement parallèles entre elles. Cette frange est interrompue aux angles (Pl. X, fig. 2), ce qui tient à ce que la circulation du liquide est alors compliquée de remous qui n'ont pas lieu dans les flacons à faces circulaires.

Je ne saurais trop attirer l'attention sur le phénomène des rides, tel qu'il se présente dans les flacons pleins de liquide et hermétiquement bouchés, car il y donne lieu à une foule d'observations intéressantes.

C'est de cette manière, par exemple, qu'on obtient des rides avec des substances plus légères que l'eau. Elles se forment contre la paroi supérieure du flacon et présentent d'ailleurs tous les caractères des autres rides. La poussière de liège est fort commode pour ce genre d'expériences. Au bout d'un certain temps une partie du liège, imbibé d'eau, tombe vers la face inférieure où il forme aussi des rides. On obtient, de la sorte, simultanément les deux sortes de rides sur les faces opposées du flacon; ce que l'on peut, cela va sans dire, réaliser encore mieux en introduisant dans celui-ci, dès le début, un mélange de liège et d'une autre poussière plus pesante que l'eau.

Lorsque le flacon oscillant renferme de très petites

bulles d'air, celles-ci se groupent toujours contre la face supérieure en rides perpendiculaires à la direction du frottement intérieur.

La profondeur du liquide n'ayant pas d'influence sur le phénomène des rides de rotation, il était à prévoir que l'on réussirait à le réaliser dans des espaces fort minces. C'est en effet ce qui a lieu, ainsi que j'ai pu le constater en faisant usage de cellules de verre de forme circulaire, semblables à celles qui sont employées pour conserver les préparations microscopiques (Pl. IV, fig. 4, *c*). Dans des espaces de ce genre, dont l'épaisseur était inférieure à un millimètre, j'ai facilement obtenu des rides rayonnantes en employant le carbonate de baryte ou l'acide silicique. Les cellules étaient complètement remplies d'eau et hermétiquement fermées au moyen d'une lamelle plane. On les faisait ensuite osciller horizontalement autour de leur centre.

En définitive, je pense que la possibilité de produire ce phénomène avec les matières pulvérulentes n'est limité que par la dimension des particules qui les composent. Il faut, en effet, que ces particules soient notablement plus minces que la couche de liquide qui les recouvre.

Dans le cas des flacons, comme dans toutes les autres expériences, l'écartement des rides est en raison directe de l'amplitude du frottement oscillatoire qui leur donne naissance.

Tout ce qui a été dit précédemment au sujet du mouvement des particules formant les crêtes des rides de balancement, est encore vrai dans le cas des rides de rotation, soit dans les auges ouvertes, soit à l'intérieur des flacons de forme quelconque. L'action de la pesanteur sur les rides de rotation est la même que sur celles qui sont dues au balancement.

On peut donc, dans l'intérieur d'un flacon complètement rempli et hermétiquement bouché, faire couler sous forme de rides la matière plus ou moins visqueuse préalablement amassée en une couche uniforme. Il suffit, pour cela, d'imprimer au flacon un mouvement de rotation oscillatoire tout en inclinant à l'horizon la face sur laquelle les rides prennent naissance.

Un effet semblable de la force centrifuge n'est pas moins facile à observer dans les auges à fond circulaire. Pour cela on commence par amasser au centre toute la matière destinée à former les rides, ce qu'il est facile de réaliser en faisant tourner le liquide au moyen d'un pinceau. Lorsqu'on donne ensuite à l'auge son mouvement de rotation oscillatoire, on voit la matière ainsi agglomérée au centre, se répandre graduellement sous forme de rayons, en cheminant vers les bords où elle s'accumule peu à peu. C'est pour cela que dans les auges circulaires les rides rayonnantes se terminent à la périphérie en une tête plus ou moins large ; ce qui n'est pas le cas lorsqu'on produit le phénomène sur une surface sans rebord.

Ces expériences montrent que *toutes les fois qu'une matière chassée par la force centrifuge éprouve le frottement oscillatoire d'un liquide, elle chemine le long de rayons distincts, au lieu de se répandre en nappe uniforme, ainsi que cela aurait lieu sous l'influence de la force centrifuge agissant seule. De plus, l'écartement de ces rayons et, par suite, leur nombre dépendent de l'amplitude du frottement oscillatoire.*

Ce résultat me semble important à signaler, à cause de l'usage que l'on pourra peut-être en faire ultérieurement dans l'interprétation de divers phénomènes naturels.

III

Les expériences qui viennent d'être décrites ont montré que le frottement oscillatoire ou intermittent qui donne naissance aux rides ne correspond pas toujours à une même sorte de mouvement de la masse liquide. Aussi celles qui se forment sur le sable dans les bassins naturels ont-elles des origines diverses selon les circonstances locales.

Dans les lacs et dans la mer le phénomène doit le plus souvent résulter d'ondes ou de balancements provoqués par l'action du vent. Toutefois il n'est pas impossible que les rides y soient, dans certains cas, produites par des courants accidentels ou permanents; en sorte que leur présence n'est pas toujours un indice de la profondeur à laquelle se transmet l'agitation de la surface. Quelle que soit leur origine, leur direction n'en doit pas moins être perpendiculaire à celle du frottement qui les engendre. Mais il ne faut pas perdre de vue que dans les eaux profondes, ce frottement peut résulter de perturbations produites au large par des coups de vent agissant sur de grandes surfaces et dont l'effet se propage en tous sens. On comprend que les rides résultant de ces actions lointaines ne sont pas nécessairement orientées comme le seraient celles qui correspondraient aux vagues soulevées par le vent régnant dans la localité même où elles se produisent. Ainsi s'expliquent les faits observés soit par M. Forel dans le lac Léman, soit par M. Hunt sur les côtes d'Angleterre, et d'après lesquels la direction des rides se trouve être généralement indépendante de celle du vent qui agite la surface au-dessus d'elles.

Dans les auges ouvertes, dont j'ai fait usage, les rides sont toujours dues à des balancements ou à des oscillations fixes, les seules que l'on puisse produire dans des bassins artificiels de petite dimension.

J'ai, sans succès, essayé de produire des rides sur le fond d'une auge ouverte remplie d'eau, en faisant courir à la surface de celle-ci des vagues de propagation produites dans un plus grand bassin dans lequel l'auge en question se trouvait immergée. Lorsque ces vagues avaient suffisamment de hauteur pour agir sur le fond, elles donnaient en même temps lieu à un mouvement de balancement par suite de leur réflexion partielle sur les parois de l'auge.

Toutefois, les vagues de propagation devant tout aussi bien que les oscillations fixes, donner lieu à un frottement oscillatoire, je pense qu'elles sont comme ces dernières susceptibles d'engendrer des rides. Peut-être est-ce à ce genre de vagues que sont dues les rides formées le long des grèves non abritées sur lesquelles les vagues de propagation viennent déferler. D'autre part, l'action de celles-ci, pour peu qu'elle se prolonge, provoque bien vite un mouvement de balancement qui doit, presque dans tous les cas, être la cause réelle du phénomène.

C'est surtout dans les cours d'eau que les rides sont dues à des causes variées. Celles qui sont perpendiculaires à la direction du courant résultent directement du frottement de celui-ci sur le fond ; frottement rendu intermittent par les variations continuelles de la vitesse d'écoulement. D'autres rides qui s'observent sur le bord des rivières ou sur leurs deltas et en général partout où il existe des remous proviennent de balancements ou d'ondes stationnaires multiples. Il existe parfois dans un

même endroit plusieurs systèmes de rides qui peuvent être dus à des causes différentes et qui s'entre-croisent de manière à fournir des réseaux compliqués, tels que ceux que l'on peut obtenir artificiellement dans une auge en faisant balancer l'eau successivement dans des directions différentes (Pl. III, fig. 1).

J'ai dû, dans mes expériences, faire usage de bocaux de forme régulière, placés sur des appareils spéciaux réalisant certaines conditions déterminées. C'était évidemment le seul moyen d'arriver à découvrir la véritable cause du phénomène que je m'étais proposé d'étudier et d'en démêler les lois. Mais, ainsi que je l'ai dit dès le début, on obtient les mêmes résultats dans des récipients de forme quelconque et par les mouvements les moins réguliers, pourvu que ceux-ci donnent lieu à un frottement oscillatoire ou intermittent.

La grande facilité et la rapidité avec laquelle a lieu la formation des rides, aussitôt que cette cause si simple intervient, donne à penser que ce phénomène doit être bien plus fréquent qu'on ne l'a cru jusqu'ici.

L'énoncé que j'ai formulé au commencement de cet écrit (p. 245), est du reste évidemment susceptible d'une plus grande généralisation. Chacun sait, par exemple, que le vent peut produire le phénomène des rides en agissant directement sur le sable sec [1]; cette substance possédant un certain degré de viscosité, surtout relativement à l'air. Ce fait, bien connu, me porte à croire que le vent doit aussi exercer une action analogue sur les nuages et que les nuées disposées en bandes parallèles, telles qu'on les

[1] Voir Lyell, *Manual of element. Geology*, *p. 20*. L'auteur décrit en détail un fait de ce genre qu'il a observé aux environs de la ville de Calais.

observe si fréquemment dans le ciel, sont peut-être aussi un cas particulier du phénomène des rides. S'il en était ainsi, la direction de ces bandes devrait être perpendiculaire à celle du vent qui règne dans la région qu'elles occupent. Il y aurait peut-être d'intéressantes recherches à faire sur ce sujet, dont l'étude est du ressort de la météorologie.

Enfin, je suis aussi arrivé à me demander si certaines circonstances du développement des corps organisés ou plutôt des cellules qui les composent ne pourraient pas également se rattacher à cette même classe de phénomènes et c'est sur ce côté nouveau de la question que je désire attirer, en terminant, l'attention des naturalistes qui s'occupent d'histologie.

Tous ceux qui se donneront la peine de répéter mes expériences seront, je n'en doute pas, frappés de la ressemblance qui existe, abstraction faite des dimensions, entre les rides produites dans les espaces clos et les rebords saillants ou autres rugosités qui revêtent intérieurement les parois des cellules végétales, spécialement dans les trachées et les vaisseaux. De même, les rides formées par les liquides visqueux, tels que le goudron, lorsqu'elles se soulèvent en lames sous l'influence de la compression latérale, rappellent certainement la formation des cloisons dans la segmentation des cellules. Enfin, en voyant ces rides visqueuses s'écouler sous l'action de la pesanteur ou de la force centrifuge[1], on ne peut s'empêcher de les comparer aux courants qui entraînent les granulations du protoplasme.

Ces comparaisons auraient évidemment été sans objet

[1] Voir ci-dessus, pages 258 et 267.

lorsque l'on admettait que les membranes végétales s'accroissaient par intussusception. Mais elles sont jusqu'à un certain point justifiées depuis que les travaux les plus récents ont établi que cet accroissement des membranes a lieu par apposition [1], c'est-à-dire par dépôts successifs de matières détachées directement de la couche de protoplasme qui enduit intérieurement les parois des cellules.

On sait aujourd'hui que la formation des rebords saillants à la surface des parois des cellules est précédée de la présence de courants de protoplasme se mouvant sur les emplacements qu'occuperont plus tard ces rebords eux-mêmes [2] et leur donnant directement naissance. On a aussi toute raison de croire que la structure fibreuse que présentent les couches d'épaississement de la membrane, parallèlement à leur surface, résulte également d'une répartition du protoplasme par stries correspondant aux fibres qui constituent ces couches.

Maintenant, le corps réellement vivant de la cellule, le *Protoplasme*, se compose d'une substance transparente incolore, le *Hyaloplasme*, qui ne se manifeste que par son pouvoir réfringent, et d'une multitude de corpuscules, soit de *microsomes* flottant dans cette substance et entraînés par elle. En fait, nous ne connaissons les mouvements internes de la masse du protoplasme que par les déplacements des microsomes; l'opacité relative de ces derniers rendant visibles les courants du hyaloplasme qui les charrient en divers sens pendant toute la période

[1] Strasburger (Dr Ed.), Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute. Iéna, 1882.

[2] Crüger, *Botanische Zeitung*, 1855. Dippel, Die Entstehung der wandständigen Protoplasmaströmchen in den Pflanzenzellen. *Abh. der naturf. Ges. zu Halle*, v. X, 1867. Strasburger, l. c.

d'activité du protoplasme. Ce dernier est creusé de cavités, soit *vacuoles,* pleines d'une sève liquide qui doit certainement réagir elle-même mécaniquement sous l'influence de l'agitation du protoplasme qui l'emprisonne. La cellule, en voie de développement, est donc un vase clos occupé par une masse liquide constamment agitée et composée de couches différant entre elles sous le rapport de leur consistance, soit de leur viscosité, et tenant en suspension des corpuscules qui se groupent en filets ou rubans plus ou moins épais constituant les courants visibles du protoplasme. Ceux de ces courants qui tapissent les parois des cellules donnent naissance aux éléments de la membrane en voie d'épaississement et aux rebords saillants qui naissent à sa surface. Les microsomes qu'ils charrient forment, en s'accumulant, les premières ébauches de ces rebords et même des cloisons qui donnent lieu à la segmentation ultérieure de la masse protoplasmatique. Telles sont en gros les circonstances qui accompagnent l'épaississement de la membrane des cellules. On voit que ce sont précisément celles qui s'observeraient si les mouvements de la masse liquide contenue dans la cellule donnaient lieu au phénomène des rides. Ces dernières seraient représentées par les courants visibles du protoplasme. L'écartement de ces rides visqueuses, leur épaisseur ainsi que leur orientation, dépendraient à chaque instant de l'énergie et de la direction des mouvements de la masse liquide tout entière, ébranlée par le protoplasme proprement dit qui seul constitue le corps vivant de la cellule.

Cette comparaison se suggère en quelque sorte d'elle-même à l'égard des petits courants pariétaux. Les microsomes qu'ils renferment doivent être constamment solli-

cités vers les parois de la cellule, en vertu des forces capillaires qui jouent ici le même rôle que la pesanteur dans mes expériences sur les rides. Si on veut étendre la comparaison aux courants qui circulent à distance des parois de la cellule, il faut se souvenir que la présence d'une paroi fixe n'est pas nécessaire pour la production des rides, puisqu'on peut fort bien réaliser le phénomène à la surface de séparation de deux corps liquides (voir page 250).

En réalité, le protoplasme n'est pas simplement un liquide au sens physique de ce mot, c'est un être vivant, de consistance liquide. Mais à ce titre il ne saurait, davantage que les autres êtres vivants, exercer d'action hors de lui-même, autrement que d'une manière compatible à la fois avec sa propre consistance et avec les conditions du milieu dans lequel il se trouve. De même qu'un animal qui nage peut à l'aide de ses membres solides utiliser la résistance de l'eau pour se déplacer, de même, dans mon hypothèse, le protoplasme pourrait, grâce à sa fluidité, utiliser les mouvements de sa masse et les frottements auxquels ces mouvements doivent donner lieu, pour grouper et orienter les matières qui se séparent de sa substance.

Dans les phénomènes vitaux, il y a toujours à distinguer entre les faits qui résultent directement du jeu des forces physico-chimiques connues et ceux qui n'ont pas encore pu être expliqués par l'action de ces forces. C'est à cette seconde catégorie qu'appartiennent, en particulier, le groupement ainsi que l'orientation des matières qui se séparent des masses protoplasmatiques, et par suite la segmentation de ces masses. Or, je me demande s'il ne serait pas naturel de rechercher dorénavant la cause immédiate des faits

de cet ordre dans les mouvements relatifs des diverses parties du contenu liquide des cellules.

Tout le monde connaît les groupements de matière, soit *lignes nodales,* produites par les vibrations sonores agissant sur les particules mobiles déposées à la surface des plaques et des tuyaux lorsqu'on fait rendre à ceux-ci des sons musicaux, mais on n'a pas encore, à ce qu'il me semble, attaché une importance suffisante aux groupements analogues qui ont lieu sous l'influence du frottement oscillatoire ou intermittent des liquides. Il y a pourtant toute probabilité que cette cause d'orientation intervient dans les phénomènes qui se passent à l'intérieur des cellules en voie de développement. La lecture des travaux les plus récents relatifs à la formation des membranes, à la segmentation des cellules et de leurs noyaux, et surtout l'examen attentif des figures qui accompagnent ces écrits me portent à croire que des recherches ultérieures faites au point de vue que je viens d'indiquer, ne resteront pas infructueuses.

EXPLICATION DES PLANCHES

(N. B. *Les figures représentées dans les planches VII, VIII, IX, X, sont les reproductions phototypiques des résultats de quelques expériences.)*

Planche VI.

Fig. 1. a. Auge oscillante ayant intérieurement : 20 centimètres de long, 10 cent. de large et 10 cent. de profondeur.

Fig. 2. Disque décrit à la page 247.

Fig. 3. Appareil de rotation décrit à la page 260, *a.* auge circulaire ayant 8 centimètres de diamètre et fermée à sa partie supérieure au moyen d'une glace plane (p. 262) ; *p.* platine mobile ; *l.* levier servant à imprimer à la platine un mouvement de va-et-vient rotatoire autour de son centre.

Fig. 4. c. Cellule de verre mentionnée à la page 267, de grandeur naturelle.

Fig. 5. Flacon circulaire à faces parallèles, dans lequel j'ai produit des rides de rotation avec les diverses substances mentionnées à la page 245, en note. Les faces planes ont 9 ½ centimètres de diamètre. L'épaisseur du flacon est de 2 centimètres, intérieurement.

Planche VII.

Fig. 1. Première apparition des rides d'acide silicique en poudre dans l'auge ouverte, représentée Pl. VI, fig. 1, *a*. La couche d'eau avait une profondeur de 5 centimètres et l'amplitude était de 2 centimètres.

Fig. 2. Rides définitives formées au fond de la même auge au bout de quelques oscillations.

Dans cette expérience, de même que dans la précédente, l'eau ébranlée au moyen d'une palette, balançait longitudinalement. Les rides sont donc perpendiculaires à la longueur de l'auge.

On obtient un résultat beaucoup plus net en plaçant l'auge sur la tablette oscillante (Pl. VI, fig. 1), dont je ne disposais malheureusement pas encore lorsque les photographies reproduites ici ont été faites.

Planche VIII.

Fig. 1. Entre-croisement de deux systèmes de rides produites sur le fond de la même auge (Pl. VII, fig. 2), en faisant successivement balancer l'eau d'abord longitudinalement puis transversalement. (N. B. Cette figure a été, par erreur, mal orientée. Les rides les plus fortes correspondent au balancement longitudinal et sont par conséquent transversales, c'est-à-dire perpendiculaires à la longueur de l'auge.)

Fig. 2. Double système de rides transversales produites dans la même auge, en y produisant trois ondes stationnaires dont l'une occupe le milieu de la surface, au-dessus de l'intervalle compris entre les deux systèmes de rides.

Planche IX.

Fig. 1. Rides rayonnantes d'acide silicique produites dans l'auge circulaire placée sur l'appareil figuré Pl. VI, fig. 3, *a*.

L'auge était ouverte, mais la profondeur de l'eau suffisante pour que les agitations de la surface ne se fissent presque pas sentir sur le fond.

Depuis que cette expérience a été photographiée, j'ai, ainsi que cela est expliqué dans le texte (p. 262), obtenu des résultats beau-

coup plus nets en remplissant complètement cette auge et en la fermant hermétiquement à sa partie supérieure.

Fig. 2. Combinaison des rides de balancement et de rotation produites en faisant balancer la surface de l'eau pendant que l'auge oscille autour de son milieu. On peut, par ce moyen, obtenir des dispositions très variées, dont celle représentée ici n'est qu'un cas particulier.

Planche X.

Fig. 1. Rides de carbonate de baryte, produites dans un flacon dont le calibre intérieur a 5 millim. d'épaisseur et dont les faces planes opposées ont 5 centimètres de largeur sur 10 de longueur (p. 265). On a donné au flacon un mouvement de balancement autour d'un axe horizontal.

Fig. 2. Rides de même substance produites dans le même flacon en le faisant osciller horizontalement autour de son centre.

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1882

PAR

M. ERNEST FAVRE

(Suite et fin.)

II. Terrains.

M. MUHLBERG [1] a poursuivi à travers les périodes géologiques l'histoire de la végétation en Argovie, pour rechercher l'origine de la végétation actuelle. Nous ne pouvons donner ici une analyse de cette conférence, dans laquelle des faits déjà connus sont groupés d'une manière intéressante, mais qui ne fournit pas de documents nouveaux sur la géologie de cette contrée.

Facies. Les sondages faits depuis quelques années ont fourni de nombreux documents sur la distribution des faunes marines. M. TH. FUCHS [2] a appliqué à la géologie les résultats obtenus, dans un mémoire dans lequel il établit

[1] Mühlberg, Die Herkunft unserer Flora. Offentl. Vorträge.., *Mittheil. der Aargau. naturf. Ges.*, 1882, III, 134.

[2] Th. Fuchs, Welche Ablagerungen haben wir als Tiefsee-Bildungen zu betrachten ? *Neu. Jahrb. für Miner.*, Beil.-Band, II, 1882, 487.

les caractères des facies littoraux et de ceux de grande profondeur et où il recherche la distribution de ceux-ci dans la série des formations. L'auteur définit ces dépôts, non par la nature des matériaux qui les constituent, mais par celle de la faune qu'ils contiennent et il estime que la limite entre le facies de mer profonde, nommé aussi pélagique, et le facies littoral, doit être placée à 40 ou 50 brasses de profondeur; car c'est là où le contraste entre les faunes est le plus accentué; les bancs de coraux, les dépôts d'algues, les bancs de bivalves restent tous au-dessus de cette ligne, au-dessous de laquelle se trouvent d'abord certains polypiers et les brachiopodes, puis, à de plus grandes profondeurs, les éponges siliceuses, les crinoïdes et beaucoup d'autres types. Les faunes pélagiques occupent des espaces infiniment plus grands que les faunes littorales; elles se trouvent souvent et très abondamment représentées près des côtes; souvent aussi elles sont associées à des sédiments de formations littorales; enfin elles présentent une grande diversité de composition, de même que la nature minéralogique des dépôts qui les renferment. Les observations faites dans les mers actuelles ont prouvé qu'on peut aussi y trouver en abondance des restes de plantes terrestres et d'insectes.

Les faunes et les dépôts spéciaux à ces formations sont : les dépôts de globigérines, radiolaires ou diatomées, ceux de foraminifères, les formations des grès verts, les dépôts riches en silice, et ceux qui contiennent des éponges siliceuses. L'auteur passe en revue les divers embranchements d'animaux, en indiquant leurs particularités caractéristiques à ce point de vue. Il rappelle les recherches récentes de M. Nathorst, d'après lesquelles les empreintes que l'on a prises jusqu'à présent pour des

restes d'algues (fucoïdes du flysch, etc.), ne sont pas des plantes, mais des traces de vers circulant sur un terrain très tendre ; beaucoup d'autres empreintes énigmatiques, telles que les hiéroglyphes du flysch, doivent être rapportées à des traces de cette nature faites par divers animaux et qui n'ont pu se conserver que dans des eaux très profondes. Enfin l'auteur attire encore l'attention sur les modifications qu'a fait subir aux faunes fossiles la puissance de dissolution des eaux marines. Il y a des faunes dans lesquelles les coquilles de carbonate de chaux ont seules été conservées, tandis que toutes celles d'arragonite ont disparu (craie blanche, couches de Priabona, calcaires à *Aptychus*).

M. Fuchs examine ensuite les terrains qui doivent être classés dans les dépôts de mers profondes. Nous ne le suivrons pas dans ces considérations sur des formations qui ne sont pas représentées dans notre pays ; nous relèverons seulement ses remarques sur les terrains secondaires et sur le flysch.

Il distingue dans les terrains mésozoïques les facies suivants : 1° Facies coralligène (calcaires coralliens, calcaires à nérinées, à hippurites, à caprotines ; à *Megalodus*) ; 2° couches à bivalves ; 3° couches à *Scyphia* (facies à spongiaires) ; 4° argiles à ammonites ; 5° calcaires rouges ammonitiques ; 6° calcaires à *Aptychus* ; 7° calcaires à brachiopodes. Les deux premiers sont évidemment littoraux. Quant à la nature des dépôts ammonitiques, on peut faire la remarque générale que les formations littorales bien définies sont généralement dépourvues des espèces de cette famille, ce qui classe d'emblée ces dépôts parmi ceux de mer profonde. Le gault de Folkestone, qui en est un type caractéristique, a une grande ressemblance

de facies avec les marnes à ptéropodes et les couches à pleurotomes des terrains tertiaires qui sont de formation pélagique. Beaucoup d'autres dépôts secondaires (*Speeton-clay*, marnes oxfordiennes, argile à *Amm. ornatus* de Souabe, couches liasiques, schistes à *Amm. Aon*, etc.) ont des caractères identiques et se font remarquer par la rareté des types littoraux, ainsi que par la fréquence des types pélagiques (foraminifères, etc.). On doit ranger aussi dans ces mêmes facies :

les schistes à *Aptychus* qui sont riches en silex; les coquilles d'arragonite ont généralement été dissoutes et il n'y est resté que les coquilles calcaires ; les silex, qui y sont abondants, sont dus aux éponges ;

les calcaires lithographiques, formés d'une pâte très fine ; les débris organiques y ont été souvent remarquablement conservés ; ceux des terrains jurassiques supérieurs (Solenhofen, Cirin) occupent une grande étendue ; mais on en trouve aussi dans d'autres horizons (schistes à poissons du Liban);

les couches à spongiaires ;

la craie blanche ;

le facies de Hierlatz, facies à petits brachiopodes, dont les couches liasiques de Hierlatz sont le type qu'on retrouve aussi dans les couches à *Terebr. Aspasia* des Alpes méridionales, les couches de Vils du Tyrol et les calcaires à *Ter. diphya* ;

enfin les calcaires et marnes ammonitiques; les marnes renferment surtout les genres *Trachyceras, Aegoceras, Arietites, Amaltheus, Oppelia*, etc., dont le genre de vie devait ressembler à celui des argonautes; les calcaires contiennent plutôt des *Phylloceras, Lytoceras, Arcestes*, etc., qui vivaient probablement au fond de la mer comme les nautiles et les spirules de l'époque actuelle.

Les caractères du flysch, dont l'extension est si considérable en Europe et en Asie, indiquent d'après M. Fuchs, que cette formation s'est en majeure partie déposée à de grandes profondeurs; la ténuité des matériaux qui le constituent, la régularité de sa stratification, le manque de traces d'animaux terrestres, la nature des fossiles, en particulier les poissons, l'abondance des éponges siliceuses et des radiolaires, les traces de vers et d'autres animaux de même nature, les soi-disant fucoïdes, tous ces caractères paraissent indiquer cette origine, quoiqu'on trouve occasionnellement dans cette formation des dépôts de caractère littoral.

On voit que M. Fuchs donne une classification de ces facies qui diffère sous bien des rapports des opinions généralement reçues. Les dépôts pélagiques ont une étendue et une épaisseur beaucoup plus grandes que les formations littorales contemporaines. On peut, il est vrai, constater des exceptions à cette règle, par exemple, la nagelfluh miocène de la Suisse et les récifs de coraux des Alpes méridionales; et cependant il est probable que ces nagelfluhs étaient formées par des cônes de déjection se déposant dans une mer très profonde; et il est possible aussi que ces puissants calcaires coralligènes fussent en grande partie constitués par les débris détachés des récifs du côté extérieur et s'accumulant à une grande profondeur.

L'auteur attire en terminant l'attention sur l'importance de l'étude de ces facies au point de vue de la classification des terrains, du développement des organismes, etc.

Terrains primaires.

M. Sterry-Hunt[1] a établi un parallélisme entre les terrains anciens de l'Amérique et ceux de l'Europe. On a reconnu sur ce dernier continent les terrains suivants :

1. *Taconien.* Quartzites, schistes micacés, marbres, cipolin.
2. *Montalban.* Gneiss grenus tendres, micaschistes, amphibolites.
3. *Huronien.* Pierre verte des Alpes, schistes chloriteux, talqueux, etc., serpentines, euphotides.
4. *Arvonien.* Petrosilex stratifiés (Pays de Galles).
5. *Norien.* Gneiss à base de labrador et gneiss ordinaires (Norwège).
6. *Laurentien.* { Gneiss avec quartzite et calcaires cristallins. Gneiss granitoïde sans calcaire.

L'auteur a retrouvé au pied du Mont-Viso, les divisions 1, 3 et 5. Il rapporte à ce dernier terrain le gneiss avec micaschistes du St-Gothard et du Tessin. Le huronien manque au Simplon. Ces terrains anciens renferment par places des conglomérats; on en a trouvé dans l'huronien et le Montalban en Amérique et en Europe (Angleterre, Saxe, Plateau central), ce qui est une preuve de l'origine stratifiée de ces roches.

Les serpentines appartiennent à trois époques, précambrienne, triasique et éocène.

M. Lory[2] a décrit la protogine du massif du Pelvoux; on la trouve surtout sur le versant oriental et sur la ligne de hautes cimes qui va de la Grave à Vallouise, où elle se

[1] Sterry-Hunt, Sur les terrains éozoïques ou précambriens. *Bull. Soc. géol. de France*, 1882, X, 26.

[2] Lory, La protogine du massif du Pelvoux. *Bull. Soc. géol. de France*, 1881, X, 143.

présente en grandes masses stratiformes, alternant avec des schistes chloriteux. Elle est plus rare sur le versant occidental; il y en a quelques affleurements des deux côtés de la plaine, à Bourg-d'Oisans; elle se montre en filons traversant les micaschistes et elle prend l'aspect d'une véritable granulite où le mica noir prédomine et le mica blanc est rare.

Le Pelvoux est formé par une grande voûte rompue, qui présente successivement, sur la route de Venosc à la Bérarde, des schistes chloriteux, des micaschistes, des gneiss et au centre des gneiss granitoïdes passant à la granulite, à deux feldspaths et deux micas; un peu plus à l'est, cette roche passe à la protogine; ainsi, le même massif cristallin est formé de granulite du côté où il touche au gneiss et de protogine du côté des schistes chloriteux. Une faille paraît traverser le massif du Pelvoux, de sorte que les gneiss, au lieu de plonger à l'est sous les schistes chloriteux, buttent contre la protogine. C'est elle probablement qui a donné passage à la granulite qui s'est transformée en protogine au contact des schistes chloriteux. La protogine est contemporaine de cette dernière formation avec laquelle elle alterne souvent.

M. Stapff[1] a publié quelques remarques sur les roches cristallines du Gothard. Les nombreuses variétés de gneiss et de granit distinguées par M. de Fritsch sur sa carte, sont des termes divers d'une série qui commence au gneiss micacé (à mica brun) et se termine avec le granit. Là où ces deux roches sont en contact, elles sont

[1] Stapff, Ueber das Verhältniss des Granites zum Gneiss am Gotthard. *55 Versamml. deutsch. Naturf. u. Aerzte zu Eisenach*, 1882.

nettement distinctes, sans transition de l'une à l'autre ni apophyses pénétrant dans la roche voisine. Le plan de séparation est généralement parallèle à la structure du gneiss; quand il est oblique, cela est dû à des rejets et à des failles. Ces cassures sont toujours obliques à la direction de la pression. Par contre il y a un passage insensible entre le granit et le gneiss et entre le gneiss et le gneiss micacé, ainsi qu'entre le granit gneissique et la protogine, le gneiss granulitique et le gneiss micacé. Ce passage a lieu aussi bien d'une couche à l'autre que sur le prolongement d'une même couche; il s'opère par le retrait ou le développement d'un ou plusieurs des éléments, par leur mode d'agrégation ou par des modifications dans la structure, entre autres par la fausse schistosité. L'auteur décrit plusieurs cas particuliers de ces passages.

Les roches feldspathiques du Gothard paraissent avoir une origine sédimentaire et appartiennent au terrain huronien ou au laurentien, sans qu'on puisse préciser plus nettement leur âge.

Terrains mésozoïques.

TERRAIN TRIASIQUE. M. E. DE MOJSISOVICS [1] a publié la description paléontologique des céphalopodes de la province triasique méditerranéenne. L'auteur a exclu seulement de cette monographie les fossiles de l'étage rhétien qui se rapprochent soit des types liasiques, soit de ceux de Hallstatt, et ceux de la province juvave (couches de Hallstatt), qui font l'objet d'un mémoire spécial, dont

[1] E. von Mojsisovics, Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz. *Abhandl. der k. k. geol. Reichsanst.*, X, 1882.

les deux premières livraisons ont déjà paru (Rev. pour 1875, 365). Les faunes triasiques de cette contrée ont été, pendant l'époque norique et le commencement de l'époque carnique, tout à fait différentes de celles de la province méditerranéenne.

Ce magnifique travail, accompagné de 94 planches, nous donne donc la description de la série des faunes diverses du grès bigarré à la partie supérieure de l'étage carnique, dans une région où ces faunes sont très riches et ont présenté un développement isotypique continu. Il comble une lacune considérable dans l'histoire du développement des céphalopodes. Il a aussi une grande importance au point de vue de la classification des terrains des Alpes orientales qui est singulièrement compliquée par la variété des facies ; ces faunes fournissent une confirmation paléontologique des idées émises par l'auteur sur les équivalences des divers facies, marneux et dolomitiques, représentés dans ces régions, et elles démontrent que ces grandes masses de dolomie sont des facies particuliers, contemporains de dépôts marneux ou calcaires d'un aspect différent. La description de l'auteur comprend les Ammonitides divisées en deux sections, celle des *Trachyostraca* (Cératitides, Tropitides) et des *Leiostraca* (Arcestides, Pinacocératides), chaque famille étant divisée elle-même en plusieurs groupes composés de nombreux genres. Les Nautilides ont subi aussi plusieurs subdivisions. Parmi les céphalopodes dibranches, qui sont moins abondamment représentés, se trouvent les *Aulacoceras*, les *Atractites* et les *Phragmoteuthis*. Il nous est impossible d'entrer ici dans l'examen des résultats paléontologiques considérables qu'amène la connaissance de ces faunes. Nous renvoyons pour la classification de ces terrains aux

tableaux que nous en avons déjà donnés d'après des mémoires précédents du même auteur (Rev. pour 1878, 389, et pour 1880, 215).

Terrain rhétien. Le terrain rhétien de la Judicarie a déjà été étudié très en détail par M. Nelson Dale et M. Lepsius. M. Bittner [1] y distingue les horizons suivants, de haut en bas :

1. Calcaires et dolomies puissants, ayant l'aspect de la dolomie principale, sans fossiles.

2. Alternance de calcaires compacts et dolomitiques et de roches plus tendres marneuses (calcaire à *Lithodendron*) avec *Terebratula gregaria* très abondante et coraux.

3. Couches de Kœssen, formées de marnes et schistes marneux semblables au n° 2 et très riches en fossiles.

Ce terrain renferme donc les mêmes subdivisions que dans la province de Bergame (p. 191).

On n'a pas encore reconnu d'une manière certaine le terrain rhétien à l'est du lac de Garda. Cependant des fossiles trouvés dans les bancs supérieurs de la dolomie principale, en font supposer la présence. Ils sont très semblables à la *Terebr. gregaria* Suess et au *Spirif. uncinnata* Schafh. du calcaire à *Lithodendron*.

Terrains liasique et jurassique. Les calcaires liasiques inférieurs du Schafberg près de Salzbourg, contiennent de nombreux fossiles microscopiques qui ont été décrits par M. de Dunikowski [2]. Ce sont des aiguilles de spongiaires Monactinellides, Tetractinellides, Hexactinellides et Lithistides, ces dernières très rares, 18 espèces de Radiolaires, et quelques foraminifères.

[1] Bittner, Ueber die geolog. Aufnahmen in Judicarien.....

[2] E. von Dunikowski, Die Spongien, Radiolarien und Foraminiferen der unterliasischen Schichten vom Schafberg bei Salzburg. *Denkschr. k. Akad. der Wiss. Wien*, 1882, XLV, 163.

On doit à M. Wundt[1] la monographie des environs de Vils en Tyrol, dont les terrains jurassiques ont fourni des matériaux importants pour la classification des terrains alpins. Après avoir donné la liste des fossiles, accompagnée de remarques paléontologiques, il en décrit les gisements, qui sont situés près du confluent de la Vils et du Lech. Ces couches ont été déposées sur des terrains triasiques déjà soumis à un soulèvement antérieur, et, pendant leur formation ont eu lieu des oscillations qui sont le résultat de pressions latérales et qui ont influé sur elles de diverses manières. Les calcaires forment deux plis juxtaposés, au centre desquels se trouve un dépôt crétacé. M. Beyrich a regardé ces plis comme constitués par des terrains d'âges différents, qu'il rapporte à deux séries distinctes. M. Wundt les considère, au contraire, comme appartenant à une seule série qui serait, par conséquent, beaucoup plus complète que celle qui a été admise par le premier de ces géologues. Ces formations sont les suivantes :

1. Calcaire à gryphées du Breitenberg, de $0^m,30$ d'épaisseur, très riche en fossiles du lias inférieur : *Nautilus striatus* Sow., *Amm.* cf. *angulatus* Schl., *Rhynchonella plicatissima* Qu., *Spiriferina pinguis* Ziet., *Avicula sinemuriensis* d'Orb., *Pecten textorius* Schl., *Gryphæa arcuata* Lam.

2. Marbre liasique de l'Aggenstein, équivalent des couches de Hierlatz, partie la plus supérieure du lias inférieur, avec *Spirifer rostratus* Buch, *Terebratula numismalis* Lam., *Ammonites stellaris* Sow., *bifer* Qu.

3. Marnes tachetées (Fleckenmergel) du lias moyen;

[1] G. Wundt, Ueber die Lias-, Jura- und Kreide-Ablagerungen um Vils in Tyrol. *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst.*, 1882, XXXII, 165.

la division inférieure caractérisée par les *Amm. Davœi* Sow., *raricostatus* Ziet., *Birchii* Sow., *oxynotus* Qu.; la division supérieure par les *Amm. amaltheus* Schl., *costatus* Rein., *comensis* Hau.

4. Calcaire blanc et rouge de Vils. On ne peut établir de subdivisions stratigraphiques dans le marbre rouge de Vils, dans lequel les fossiles très nombreux indiquent cependant la présence d'un grand nombre d'horizons divers : lias ε (*A. Germaini* d'Orb., *Terebr. Erbaensis* Suess; lias ζ (*A. Aalensis* Dum., *Amm. Nilsoni* Heb.); oolite inférieure à *Amm. opalinus* Rein., *Murchisonæ* Sow., *fallax* Ben.; *gonionotus* Ben., etc.; couches de Klaus à *Posidonomya alpina, A. subobtsus* Kud., *Kudernatschi* Hau.; callovien; oxfordien à *Amm. transversarius*; kimméridien (*Amm. iphicerus* Opp., *trachynotus* Opp., cf. *acanthicus* Opp.); tithonique (*Amm.* cf. *Benianus* Cat.) Les calcaires blancs à *Ter. pala* et *antiplecta* ont, au contraire, une faune très particulière, bien délimitée, qui les classe dans le callovien comme un facies particulier de ce terrain.

5. Schistes néocomiens à *Bel.* cf. *dilatatus* Pet., *Aptychus angulicostatus* Pet.

6. Craie moyenne : gault inférieur et supérieur (*Amm. Milletianus* d'Orb., *tardefurcatus* Leym., *Agassizianus* Pet., *Mayorianus* d'Orb., *A. Bouchardianus* d'Orb., *Inoceramus sulcatus* Sow., *concentricus* Park.) Il y a là un facies tout à fait semblable au facies helvétique et bien distinct du facies bavarois qui se trouve à quelque distance plus au nord.

M. Koby [1] a commencé la monographie des polypiers

[1] Koby, Monographie des polypiers jurassiques de la Suisse. *Mém. Soc. paléont. suisse*, 1880, VII; 1881, VIII.

jurassiques de la Suisse. Les deux premières livraisons contiennent 30 planches de fossiles.

MM. PARONA et CANAVARI [1] ont publié la description, accompagnée de planches, de brachiopodes qui forment une lumachelle dans un calcaire blanc, situé à la Croce di Sagan, dans le Val Tesino, sur le chemin qui mène de Castel Tesino à la Cima d'Asta. Parmi elles se trouvent les *Terebratula curviconcha* Opp. des couches de Klaus, *Ter. Aglaja* Men., *Ter. Lossii* Leps., *Waldheimia* cf. *Cadomensis* Desl., *Rhynchonella Vigilii* Leps., *Rh.* cf. *Clesiana* Leps.; les autres espèces sont nouvelles. Un fragment d'ammonite provenant de cette couche paraît appartenir à l'*Harpoceras Murchisonæ.*

M. HOLLANDE [2] a publié une note sur le bajocien dans les montagnes calcaires de la Savoie; il reproduit les observations faites sur cette formation par M. Pillet à La Table et par M. A. Favre sur divers points de ces chaînes jusqu'aux environs de St-Gingolph; il présente de plus quelques observations sur la structure de ces chaînes secondaires.

M. TH. STUDER [3] a reconnu dans les schistes sableux du Tschingel, au sud du lac de Brienz, les espèces suivantes :

Pliosaurus?	Ammonites tortisulcatus d'Orb.
Ammonites Mariæ d'Orb.	— plicatilis Sow.
— sulciferus Opp.	— Martelli Opp.
— cf. transversarius Qu.	— hecticus Rein.
— cf. Kudernatschi Hau.	— perarmatus Sow.
— Eugenii Rasp.	Aptychus imbricatus Mey.
— Brunneri F. O.	

[1] Parona e Canavari, Brachiopodi politici di alcune località dell'Italia settentrionale. *Atti Soc. Tosc. di Sc. nat.*, 1882, V.

[2] Hollande, Le bajocien dans les montagnes calcaires de la Savoie. *Rev. Savois.*, 1882, 24.

[3] Geologische Beobachtungen im Gebiete...

La faune de ces schistes paraît donc présenter une association de fossiles des couches de Birmensdorf et des marnes oxfordiennes (couche à *Amm. ornatus*).

M. Fugger [1] a signalé un nouveau gisement de calcaire coralligène du terrain jurassique supérieur, à l'Untersberg près de Salzbourg. Ce calcaire, riche en polypiers et en gastéropodes, qui ont été déterminés par M. Zittel (*Cryptoplocus depressus* Voltz sp., *pyramidalis* Goldf. sp., *Itieria Cabanetiana* d'Orb., *Staszycii* Zeuschner, *Nerinea Hoheneggeri* Pet. sp., etc.), avait été longtemps attribué au calcaire du Dachstein ; il repose sur les couches liasiques de Hierlatz.

M. Jeanjean [2] a distingué dans les Cévennes, au-dessus de la zone à *Ammonites polyplocus*, qui se relie d'une manière insensible à la zone à *Amm. bimammatus*, deux horizons qu'il appelle terrain corallien et qu'il définit de la manière suivante :

1° Sous étage inférieur: zone de la *Terebratula janitor* et de l'*Ammonites transitorius*, contenant, outre ces deux espèces, un grand nombre d'espèces du tithonique inférieur et quelques-unes du tithonique supérieur (*Ammonites ptychoicus* Qu., *cyclotus* Opp., *hybonotus* Opp., *Staszycii* Zeusch., *lithographicus* Opp., *Silenus* Font., beaucoup de brachiopodes, *Metaporhinus convexus* Cat., etc.).

2° Sous-étage supérieur : Zone de la *Terebratula Moravica* et du *Cidaris glandifera*. L'auteur avait d'abord classé les bancs à *Cidaris glandifera* et *Apiocrinus Me-*

[1] E. Fugger, Jurakalke auf dem Untersberg bei Salzburg. *Verhandl. k. k. geol. Reichanst.* 1882, 127.

[2] Jeanjean, Le Corallien des Cévennes. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1882, X, 97.

riani dans la zone précédente, sur laquelle ils reposent; leurs affinités pétrographiques et paléontologiques l'engagent à les réunir à la zone à *Ter. Moravica* qui les recouvrent et avec laquelle il forme un massif coralligène de 200^{m} de puissance, très riche en fossiles caractéristiques du terrain jurassique; les céphalopodes y sont rares (*Belemn. semisulcatus* Munst., *ensifer* Opp., *Amm. Achilles* d'Orb., *microcanthus* Opp.), les gastéropodes acéphales, brachiopodes et échinodermes, extrêmement abondants.

Les nombreuses coupes données par l'auteur montrent la position des bancs à *Ter. janitor* sous ces calcaires coralligènes et prouvent, par conséquent, le caractère jurassique de cette faune tithonique. En classant les couches à *Amm. acanthicus* dans l'oxfordien supérieur et ces deux horizons dans le corallien, l'auteur admet entre ce terrain et le crétacé inférieur, une lacune considérable, celle des étages kimméridien et portlandien. Les travaux récents de M. de Loriol, qui sont venus confirmer l'opinion déjà souvent émise par les géologues suisses et allemands sur l'âge des couches à *Amm. acanthicus*, sont en contradiction avec cette classification, qu'un grand nombre de géologues français tiennent à conserver.

La faune du calcaire à *Diceras* de Kelheim, dans le Wurtemberg, a été décrite dans plusieurs monographies [1]. Ces couches sont comprises entre les calcaires massifs

[1] M. Schlosser, Die Fauna des Kehlheimer Diceraskalkes. I. Vertebrata, Crustacea, Cephalopoda und Gastropoda. *Paleontograph.*, 1882, XVIII. — A. Böhm, II. Bivalven, *Ibid.* — Schlösser, III. Brachiopoda. *Ibid* — Böhm, Die Bivalven der Schichten des Diceras Munsteri (Diceraskalk) von Kelheim. *Zeitschr. d. d. geol. Ges.*, 1881, XXXIII, 67.

(*plumpe Felsenkalke*) et les couches de Solenhofen (*Plattenkalke*), qui les recouvrent et avec lesquels ils sont étroitement liés. M. Schlosser a étudié les vertébrés, crustacés, céphalopodes, gastéropodes et les brachiopodes, M. Böhm, les bivalves. M. Zittel a fait une introduction à ces travaux. Cette faune coralligène a une extrême ressemblance avec celle des gisements de Schnaitheim, etc., et ce ne sera que par une série d'études monographiques semblables à celles-ci, que l'on pourra préciser leurs rapports chronologiques. Elle est contemporaine de celle de l'oolite à nérinées et plus récente que celle de Nattheim et d'Arneck.

M. Schlosser a décrit dans ses premiers mémoires 72 espèces, parmi lesquelles 53 gastéropodes; les nérinées sont très abondantes; 25 espèces sont communes au corallien supérieur ou ptérocérien; 13 se retrouvent aussi dans le corallien inférieur; 16 sont nouvelles. Il a décrit aussi 19 espèces de brachiopodes, appartenant au bassin méditerranéen ou jurassien. M. Bœhm a décrit 63 espèces de bivalves, dont 30 nouvelles; 17 ont été reconnues dans d'autres dépôts; l'une d'elles le *Mytilus Couloni*, appartient au terrain néocomien.

La montagne de Veyrier, au nord d'Annecy, a fourni à M. Hollande [1] la coupe suivante :

Valangien.
Calcaire blanc à *Ter. diphya*.
Calcaire compact gris, semblable à celui du Calvaire de Lémenc.
Calcaire à *Ammon. tenuilobatus*.

Les marnes de Berrias, si développées aux environs de Chambéry, manquent donc en ce point.

[1] Hollande, *Rev. Savois.*, 1882, 34.

Terrain crétacé. Voici la série des terrains crétacés, observés par M. Stutz [1] (p. 177) sur les bords du lac de Lucerne, dans les chaînes de la Frohnalp et des Rofaien :

Calcaire de Seewen : partie supérieure, schisteuse, partie inférieure, calcaire. — *Holaster subglobosus*, *Inoceramus Cuvieri*.

Gault. *a*. Grès vert à *Turrilites*. — *Ammonites cristatus*, *mamillaris*, *Mayorianus*.

b. Calcaires bleuâtres à *Inoceramus sulcatus*, *concentricus*, *Plicatula placunea*.

Urgonien. *a*. *Aptien*, schistes calcaires à *Heteraster oblongus*. *Pygaulus Desmoulinsi*. — Couches à Orbitolites.

b. *Urgonien proprement dit;* calcaire à *Caprotina ammonea*. *Radiolites neocomiensis*, *Pterocera Pelagi*.

Ces deux subdivisions forment une seule formation; l'*Heteraster oblongus* se trouve principalement dans la partie supérieure; le *Caprotina ammonea* dans les calcaires inférieurs; le *Serpula Pilatana* traverse toute la formation.

Néocomien.

1. *Néocomien supérieur*. *a*. Calcaires et marnes à *Ter. prœlonga*, *Diadema rotulare, Toxaster Ricordeanus*, *Corbis corrugata*. — *b*. Calcaires à *Crioceras*. *C. Duvalii*, *Hamites attenuatus*, etc.
2. *Néocomien moyen*. Calcaire à *Toxaster cordiformis*.
3. *Néocomien inférieur* à *Mytilus Couloni*.
4. *Valangien*. Calcaire coralligène.

L'auteur relève l'intérêt qu'offre la découverte de couches à *Crioceras* dans cette contrée. Les *Ostrea macroptera* et *Couloni* traversent toute la série néocomienne. Les trois derniers étages néocomiens, constitués par des facies divers dans la chaîne des Rofaien, présentent uniformément le facies de calcaires siliceux dans celle de la Frohnalp.

Ces couches reposent sur le calcaire à *Terebr. diphya*, riche en fossiles (*Ter. diphya, Bouei, Carpathica, Am-*

[5] Geologische Beschreibung der Axenstrasse...

monites senex, Lorioli, Richteri, etc.), qui surmontent des calcaires coralligènes à nérinées et *Cardium corallinum.*

On doit à M. V. Uhlig[1] de nouvelles recherches sur les céphalopodes des couches de Rossfeld, qui représentent dans les Alpes autrichiennes le facies oriental du terrain crétacé inférieur. Il a résumé les notions stratigraphiques encore incomplètes qui existent sur cette formation et fait une étude critique de quelques espèces, entre autres de celles qui ont servi à la monographie publiée par M. Winkler[2] et dont les figures étaient très mauvaises. Les couches de Rossfeld sont des marnes schisteuses ou sableuses, qui se trouvent au sud de la zone de flysch des Alpes septentrionales. Lorsqu'elles sont en rapport avec le calcaire néocomien à *Aptychus* (couches de Schrambach), elles reposent sur lui, mais souvent elles en sont indépendantes. Il est probable qu'elles renferment les équivalents de plusieurs horizons paléontologiques, difficiles à reconnaître à cause de la ressemblance des faunes. C'est du néocomien moyen (néocomien inférieur d'Orb., néocomien moyen Camp., marnes d'Hauterive), qu'on peut les rapprocher avec le plus de certitude; elles en renferment les espèces caractéristiques (*Ammon. anguli-costatus, Crioceras Duvalii, Quenstedti, Villersianus, Baculites neocomiensis*), mais elles contiennent aussi des types communs à la zone à *Belemn. latus* (*Amm. Grasianus, Astierianus, Thetys, cryptoceras, Bel. latus* et *dilatatus*). Elles ont partout le facies alpin et identique à celui des

[1] Uhlig, Zur Kenntniss der Cephalopoden der Rossfeldschichten. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst,* 1882, XXXII, 373.

[2] Die Neocomformation des Urschlauerachenthales bei Traunstein. Munich, 1868.

Basses-Alpes, de la Suisse, des Alpes italiennes et des Carpathes.

On trouve parfois associées à cette faune des espèces caractéristiques du terrain néocomien supérieur ou barrémien, les *Ammon. lepidus* Math., *versicostatus* d'Orb., *Trajani* Tietz., *difficilis* d'Orb., *Hamites Yvani* Puz. Quoique les données sur ce point soient encore incomplètes, ces indices positifs établissent un lien entre les couches de Wernsdorf des Carpathes et le barrémien des Alpes occidentales qui en est l'équivalent. L'Urschlauerachenthal, qui renferme le gisement le plus riche de cette faune, contient quelques espèces barrémiennes; cette association de fossiles rappelle celle qu'on trouve dans les gisements des Voirons et de Châtel-St-Denis, dans lesquels elles sont encore plus abondantes. Les environs de Berchtesgaden et de Hallein, où est le gisement typique de la Rossfeldalp, et le Salzkammergut, ont fourni sur plusieurs points des représentants de cette faune que de nouvelles recherches rendraient, sans doute, bien plus nombreux.

L'auteur a figuré quelques espèces nouvelles et plusieurs échantillons remarquables par la conservation de la bouche (*Amm. Grasianus, Astierianus, cryptoceras*).

M. Uhlig [1] a présenté les conclusions d'une monographie paléontologique des couches de Wernsdorf, dans les Carpathes, qui doit paraître prochainement. Ces couches appartiennent au terrain crétacé inférieur et ne renferment guère que des céphalopodes, dont il y a environ 120 espèces déterminées d'une manière certaine. Les genres *Hamites* et *Crioceras* y sont le plus richement re-

[1] V. Uhlig, Die Wernsdorfer Schichten und ihre Aequivalente. *Sitzungber. k. Akad. Wissensch.* Wien, 1882, LXXXVI.

présentés, puis viennent les *Lytoceras*, les *Haploceras*, etc. Un grand nombre d'espèces sont communes au terrain néocomien des Alpes occidentales; 31 appartiennent au terrain barrémien du midi de la France ; la ressemblance entre ces deux terrains est encore accrue par le fait que presque tous les groupes de céphalopodes du barrémien français sont développés dans les mêmes proportions dans les couches de Wernsdorf; on peut donc conclure à l'identité de ces deux formations. Il y a, il est vrai, aussi quelques formes de l'aptien inférieur, mais il ne se trouve aucune espèce caractéristique de ce terrain. Il s'est développé parallèlement dans le sud de la France deux facies des terrains crétacés, l'un, le facies méditerranéen, caractérisé par des couches à céphalopodes, dont les faunes successives ont entre elles une grande ressemblance; l'autre, le facies à rudistes ou facies coralligène; la classification et l'équivalence de ces diverses assises a été longtemps discutée. La succession des couches dans le premier facies est la suivante :

Gault.

Marnes de Gargas près Apt (aptien) à *Ancyl. Matheroni*, *Amm. Nisus*, *Martini*, etc.

Faune de Barrême : *Scaphites Ivanii; Crioc. Emerici* (marnes à *Ancyloceras*, néocomien alpin, Lory et Pict. *pars*, urgonien d'Orb. *pars*, barrémien).

Couches à *Bel. dilatatus*, et marnes d'Hauterive, néocomien moyen des géologues suisses.

Couche à *Bel. latus*, Pict.

Couches de Berrias, Pict.

MM. Lory et Hébert classent encore le barrémien dans le néocomien moyen, tandis que d'Orbigny et Coquand le regardent comme synchronique de l'urgonien inférieur, et les marnes aptiennes comme équivalentes du calcaire à

caprotines. M. Uhlig se rattache à cette dernière opinion. Il constate cependant que l'on a trouvé dans la Suisse orientale, dans les couches de l'Altmann, ainsi que dans les couches à *Crioceras* des environs de Grenoble, qui sont les unes et les autres inférieures au néocomien moyen, des types barrémiens qu'il considère comme des précurseurs de cette faune.

Tandis que ces faunes méditerranéennes ont, dans l'Europe occidentale, le lien le plus étroit, la faune des couches de Wernsdorf reste sans relation paléontologique dans les Carpathes avec les couches sur lesquelles elle repose ou qui la surmontent. M. Uhlig a reconnu, soit à Swinitza dans le Banat, soit dans les Alpes tyroliennes, des équivalents du barrémien; les terrains crétacés de la Colombie, dans l'Amérique du Sud, présentent aussi une analogie remarquable avec ce même terrain; mais on ne trouve aucune trace dans le bassin de l'Europe centrale. C'est à cette époque que ce bassin présente la plus grande différence de facies avec le bassin méditerranéen. Des considérations paléontologiques sur de nouveaux genres de céphalopodes utilisés ou créés par l'auteur, terminent cette notice.

M. Pillet [1] a trouvé dans le néocomien de la Combaz en Savoie, des écailles de poissons qui appartiennent probablement à une espèce nouvelle.

Il a examiné de nombreux échantillons de l'*Ostrea falciformis* Leym., qu'il croit nécessaire de distinguer de l'*O. Couloni.*

M. Arnaud [2] a donné une brève description de quatre

[1] Pillet, *Rev. Savois.*, 1882, 31.

[2] E. Arnaud, Note sur les poissons fossiles du Crétacé inférieur

espèces de poissons fossiles, trouvés dans l'aptien des environs d'Apt (Vaucluse), *Saurocephalus Picteti* Em. Arn., *Pycnodus complanatus* Ag., *Notidanus aptiensis* Pict., *Odontaspis gracilis* Ag. Il signale aussi une espèce urgonienne, le *Pycnodus affinis* Math., provenant d'Orgon, et une espèce albienne, l'*Oxyrhina macrorhiza* P. et C., de l'albien de Gargas.

Divers gisements de terrains crétacés ont été signalés depuis 1856 dans le département de Saône-et-Loire, sur les deux rives de la Saône. MM. CHARPY et DE TRIBOLET [1] viennent d'en découvrir un nouveau à Cuiseaux, près de la limite est de ce département, au pied du Jura. Il est situé en plein terrain bressan, à 1 kilomètre environ du pied de la chaîne, où les assises du terrain jurassique inférieur viennent butter contre les terrains de la plaine de Bresse, par suite d'une grande faille dirigée N.N.E.-S.S.O.

L'affleurement crétacé de Cuiseaux forme, à l'O. du bourg, le mamelon de la Madeleine qui a 20^{m} de hauteur; il repose sur le jurassique supérieur et il est presque entièrement formé de sables du gault; les sables de la base, sans fossiles, appartiennent peut-être au terrain aptien; on trouve au-dessus une zone albienne très fossilifère, puis une grande épaisseur de sables vraconiens sans fossiles, et enfin des couches cénomaniennes peu puissantes, riches en fossiles (*Ammon. Mantelli* Sow., *varians* Sow., *rhotomagensis* Brgt., etc.).

des environs d'Apt (Vaucluse). *Bull. Soc. géol. de France*, 1881, X, 131.

[1] Charpy et de Tribolet, Note sur la présence du terrain crétacé moyen et supérieur à Cuiseaux (Saône-et-Loire). *Bull. Soc. géol. de France*, 1881, X, 147.

Terrains cénozoïques.

TERRAIN TERTIAIRE. M. PH. DE LA HARPE[1] a entrepris une monographie des nummulites de la Suisse. Ce travail renferme une étude anatomique, l'examen des caractères généraux et de la classification de cette famille de Rhizopodes; puis la discussion de diverses questions relatives aux caractères extérieurs et intérieurs des nummulites. L'auteur signale ensuite l'extension du terrain nummulitique en Suisse, les gisements de nummulites remaniées ou erratiques et celles du flysch. Il passe enfin à l'étude détaillée des nummulites du groupe de la *Num. Gizehensis* Ehrenb. et des grandes nummulites granulées sans chambre centrale. Une mort prématurée a interrompu cet important travail pour lequel l'auteur accumulait depuis longtemps des matériaux.

Nous nous bornons à rappeler les observations sur les gisements du grès de Taveyannaz et l'analyse de cette roche, faites par M. BALTZER[2] et déjà publiées dans des *Archives*, avec les observations de MM. Renevier, Lory et Mœsch.

M. HEIM[3] a signalé la découverte de poissons fossiles dans les ardoises du flysch, dans la commune de Diessbach (canton de Glaris), sur le prolongement des schistes d'Engi et de Matt, connus depuis longtemps par leurs richesses paléontologiques.

[1] Ph. de la Harpe, Étude des nummulites de la Suisse et revision des espèces éocènes des genres *Nummulites* et *Assilina*. *Mém. Soc. paléont. suisse*, 1880, VII.

[2] Baltzer, Sur le grès de Taveyannaz. *Archives*, 1882, VIII, 396.

[3] Heim, *Archives*, 1882, VIII, 411.

A la suite de la description faite par M. Wagner[1] de quelques poissons fossiles des schistes de la Wernleite près Traunstein en Bavière, M. KRAMBERGER[2] a fait l'étude de cette faune, caractérisée par la *Meletta Heckeli* Rzeh., l'*Alosina salmonea* Wagn., des *Osmerus, Palæorhynchum, Merlucius, Belone, Acanus,* etc. Cette faune est identique à celle qui a été reconnue en Moravie, en Galicie, en Silésie, en Styrie (Wurzenegg, Trifail), en Carinthie (Sagor); elle est caractéristique de l'étage aquitanien. L'auteur remarque aussi sa grande analogie avec celle des schistes de Glaris qu'on a regardée comme plus ancienne, analogie en partie masquée par des déterminations erronées d'Agassiz.

M. GUMBEL[3] a relevé une erreur commise par M. Kramberger sur les gisements de ces poissons. Il y a près de Traunstein deux gisements qui ont été confondus par cet auteur; l'un, celui de la Wernleite, avec *Palæorhynchum giganteum* et *Alosina salmonea,* appartient à l'oligocène moyen ou inférieur, tandis que l'autre, près de Hasslach, caractérisée par la *Meletta Heckeli,* l'*Osmerus* cf. *stilpnos,* est miocène.

M. RZEHAK[4] a décrit le gisement de schistes à Amphisyles de Froidefontaine près de Belfort et présenté quelques observations sur les fossiles qui y sont contenus, dont la plupart se trouvent dans la collection Kœchlin, à Mulhouse. L'identité de l'*Amphisyle* cf. *Heinrichi* Heck., avec

[1] *Sitzungsber. k. Akad. Wiss.* München, t. 160, 52.

[2] Kramberger-Gorjanovic, Ueber fossile Fische der sudbaierischen Tertiärbildungen. *Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1882, 231.

[3] Gumbel, Fischführende Schichten bei Traunstein. *Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1882, 286.

[4] Rzehak, Die Amphisylen-Schiefer in der Umgebung von Belfort. *Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1882, 151.

le type de Krakovitza en Galicie, ne lui paraît pas certaine; il est possible que la *Meletta Parisoti* Sauv. ne soit pas une espèce distincte de la *M. longimana* Heck. La *M. crenata* Heck., doit peut-être aussi être réunie à cette espèce; la *Meletta Sahleri* Sauv., petite espèce mal caractérisée, appartient probablement au genre *Melettina*. L'identité du *Palæorhynchum* de Froidefontaine avec le *P. latum* des schistes de Glaris, est douteuse. Ce genre a aussi été reconnu dans les mêmes schistes en Moravie et en Galicie. Ces schistes renferment encore quelques autres restes, écailles de Percoïdes, *Barbus, Oxyrhina*, etc., dont la détermination spécifique ne peut se faire, plus des restes de plantes et un foraminifère.

Depuis le mémoire de MM. Pictet et Humbert sur les Chéloniens de la mollasse suisse [1], de nombreux restes de tortues ont été trouvés dans la mollasse des environs de Lausanne. M. A. PORTIS [2] en a publié une monographie, accompagnée de 27 planches. Il a reconnu plusieurs espèces nouvelles et modifié quelques-unes des déterminations faites par Pictet, d'après des matériaux moins complets. Un appendice avec deux planches concerne un nouveau genre de Chéloniens de la craie supérieure de Fuveau.

La faune des Chéloniens a été très nombreuse en individus; elle se compose de 25 espèces qui appartiennent aux genres suivants :

Testudo Br.	3 sp.	Pleurosternon Ow.	1 sp.
Kinixys Gray	1 »	Trionyx Geoffr.	3 »

[1] *Matériaux pour la paléontologie suisse*, 1856.

[2] A. Portis, Les Chéloniens de la mollasse vaudoise conservés dans le musée géologique de Lausanne. *Mém. de la Soc. paléont. suisse*, 1882, IX.

Emys Dum. 13 sp.
Cistudo Flem. 3 »
Trachyaspis H. v. M. 1 sp.

Voici leur distribution dans les divers étages de la mollasse :

1. *Helvétien.*

Testudo sp. P. et H. Molière.
Emys de fonte Bourd. »
Emys Cordieri Bourd. »
Emys, 3 sp. P. et H. Molière.
Trachyaspis Lardyi H. v. M. Mol.

2. *Langhien.*

Testudo Escheri P. et H. Maupas.
Testudo sp. Port. »
Kinixys Gaudini P. et H. sp. Solitaire.
Cistudo Razoumovskyi P. et H. Crissier.
Cistudo Morloti P. et H. Tunnel de Lausanne.
Cistudo Heeri Port. Le Vallon.
Emys sp. P. et H. Vengeron.
Trionyx Lorioli Port. Rianmont, Yverdon.
Trachyapsis Lardyi H. v. M., Yverdon.

3. *Aquitanien.*

Kinixys Gaudini, P. et H. sp. Rochette.
Emys Laharpi, P. et H. »
Emys tuberculata, Port. »
Emys Charpentieri, P. et H. »
Emys lignitarum, Port. »
Emys Renevieri, Port. »
Emys sulcata, Port. »
Emys sp., P. et H. Rochette.
Pleurosternon miocænum, Port. Rochette.
Trionyx Lorioli, Port. Rochette.
Trionyx rochettiana, Port. »
Trionyx valdensis, Port. »

M. Parona [1] a signalé plusieurs affleurements de marnes pliocènes fossilifères au sud du lac d'Orta, dans les environs de Gozzano et sur le plateau de Boca et de Maggiora; quelques-uns d'entre eux sont nouveaux; l'argile

[1] Parona, Sopra i lembi pliocenici situati tra il bacino del Lago d'Orta e la Val Sesia et sull' alto piano di Boca e di Maggiora. *Bull. Soc. geol. Ital.*, 1882.

pliocène paraît former, près de Gozzano et de Bolzano, une nappe continue sous le terrain quaternaire. A l'O. de Gozzano, on trouve ce terrain près d'Auzate et Bugnate. Il prend une grande extension dans la partie inférieure de la vallée de la Sesia et se trouve encore près de Borgo-Sesia et de Valduggia; les fossiles, animaux et végétaux, y sont nombreux. Des sables et même des bancs de conglomérats sont associés à l'argile pliocène près de ce dernier lieu; leurs éléments proviennent de la désagrégation des roches voisines, granit, calcaire, diorite, serpentine; on y trouve des traces de lignite. Des opinions très diverses ont été émises sur l'âge de ces sables, mais l'auteur pense qu'on doit les considérer comme pliocènes, sans qu'on puisse fixer d'une manière certaine l'horizon auquel ils appartiennent; ils paraissent être une modification locale de l'argile bleue.

TERRAIN QUATERNAIRE. *Pliocène et glaciaire*. M. STOPPANI [1] a résumé et discuté toutes les recherches faites sur les derniers temps de l'histoire géologique de l'Italie, dans un ouvrage accompagné de nombreuses coupes, de vues géologiques et d'une carte des anciens glaciers de la Haute-Italie.

C'est entre le milieu de la période éocène et la fin de la période pliocène que cette contrée a acquis peu à peu son relief actuel par suite du soulèvement des Alpes et des Apennins. A la fin de la période pliocène, la mer recouvrait encore la plaine d'alluvions qui sépare ces deux chaînes et y formait des dépôts de sable, pendant que les gla-

[1] A. Stoppani, L'era neozoica in Italia ossia descrizione dei terreni glaciali e dei loro equivalenti in Italia. Milan, 1881. — Extrait *Atti Soc. ital. Sc. natur.*, 1881, XXIII, 297.

ciers arrivaient jusqu'au pied des montagnes et poussaient leurs moraines jusque sur les rivages de cette mer. Ils formaient des moraines, des dépôts fluvio-glaciaires et des alluvions de diverses natures. L'auteur décrit les dépôts glaciaires et les amphithéâtres morainiques des principales vallées des Alpes, de celle de la Dora Riparia à celle du Tagliamento, et ajoute quelques observations relatives à ceux moins connus de l'Apennin. Cette belle étude prouve que toutes les grandes vallées alpines, sur le versant italien, ont été occupées par des glaciers qui s'élevaient de 500 à 1000^{m} au-dessus du niveau actuel des cours d'eau et qui se terminaient sur les bords de la plaine du Pô. Ces glaciers avaient, dans les vallées latérales, de nombreuses ramifications dont il est resté des traces abondantes sous forme de terrain erratique, de moraines latérales, etc. Chacun d'eux a donné naissance, à son extrémité, à un système de moraines frontales, constituant un amphithéâtre morainique, qui forme aujourd'hui une des parties les plus belles et des plus fertiles de l'Italie septentrionale. La période de dépôt de ces moraines frontales a dû être très longue et l'abondance des moraines montre les oscillations auxquelles les glaciers ont été sujets pendant ce temps. Le retrait qui a suivi a été, au contraire, rapide; car il en est resté peu de traces dans l'intérieur des vallées.

Les géologues sont généralement d'accord sur ces faits, mais des découvertes récentes ont amené une longue discussion sur l'époque de cette grande extension des glaciers. M. Stoppani a démontré qu'elle date de l'époque pliocène supérieure et que, sur les argiles bleues, se trouve un terrain à la fois glaciaire et marin qui indique que les anciens glaciers se terminaient sur les bords mêmes

de la mer pliocène supérieure et ressemblaient en tous points aux glaciers des mers polaires. Entre ces amphithéâtres morainiques se trouvent maintenant des plaines, comme celle de la Groana, au nord de Milan, qui sont élevées à diverses hauteurs et coupées par des érosions; ce sont les restes du fond de cette mer glaciale qui bordait le pied des Alpes.

Les recherches sur ces terrains, commencées dans l'amphithéâtre morainique du lac de Côme, se sont étendues à d'autres bassins, ceux du lac Majeur et de la Doire Baltée et conduisent à la même conclusion.

Cette question est intimement liée à l'origine des lacs alpins. L'auteur nie la possibilité de leur réexcavation par le glacier; les conglomérats inférieurs au terrain glaciaire sont des deltas torrentiels de l'époque pliocène et les lacs lombards sont des fiords de la mer qui ont été envahis par le glacier au moment de leur plus grande extension; les dépôts faits par ces glaciers mêmes et qui constituent les amphithéâtres morainiques, ont empêché la mer de rentrer dans ces fiords au moment du retrait de la glace, et ils sont devenus des lacs d'eau douce. En barrant les vallées latérales, les glaciers ont dû produire des lacs temporaires auxquels sont dus des dépôts lacustro-glaciaires; les environs des lacs de Côme et d'Iseo, le Val Borlezza, le Val del Foresto, le Val Adrara, en contiennent des restes et l'un des plus remarquables est le bassin de lignite de Leffe ou du Val Gandino, qui a fourni de si riches documents sur la faune et la flore glaciales.

Les dépôts du Val d'Arno, les alluvions anciennes des Alpes et des Apennins, les cavernes ossifères antérieures à l'homme, les sables jaunes subapennins appartiennent à cette époque pliocène supérieure.

La phase glaciaire se compose en Italie de trois périodes : celle de l'extension maximum (dépôt glaciaire et marin); 2° celle des amphithéâtres morainiques (état stationnaire); 3° celle de retrait (période des terrasses). Cette dernière est marquée par un soulèvement continental et par l'érosion des dépôts fluviatiles et glaciaires.

L'auteur ne pense pas que le climat de l'époque glaciaire ait été plus froid que celui de l'époque actuelle, car les glaciers peuvent parfaitement se développer dans les régions tempérées. La faune et la flore de cette époque prouvent que sur le versant italien, du moins, le climat était aussi doux qu'aujourd'hui et la mer plus chaude; mais ce fut une période très humide, à laquelle succéda une période de grande sécheresse, celle des terrasses. Les modifications des formes des continents furent une des causes principales de ces variations atmosphériques et l'époque glaciaire ne fut que la conséquence de ces modifications qui amenèrent à la période actuelle.

M. Stapff [1] a décrit les cordons littoraux qu'il a observés à de grandes hauteurs dans la vallée du Tessin. Au-dessus des escarpements qui encaissent ces vallées se trouve une zone de plateaux tantôt larges, tantôt très resserrés sur laquelle sont de nombreux villages. On la constate, à part quelques interruptions, sur une longueur d'environ 35 kilomètres des Monti Cala dans le Val Chironico jusqu'au fond du Val Bedretto, et le niveau moyen est entre 1400 et 1500^{m} au-dessus de la mer; la même observation se fait sur la rive gauche du Tessin. L'inclinaison du fond de la vallée n'a

[1] Stapff, Geologische Beobachtungen im Tessinthal. 2. Strandbilder. *Zeitschr. d. d. geol. Ges.*, 1882.

aucune influence sur la situation de ce plateau qui conserve partout la même hauteur, de même que les inégalités d'un fond de mer n'influent nullement sur l'horizontalité de la ligne du rivage. Quelques lignes du même genre, mais moins continues, se voient à des niveaux supérieurs vers 2900 et 2600m et entre 2400 et 2100m; mais une zone continue se voit à la hauteur de 2098m, où elle est indiquée à l'œil par la zone des pâturages; le tracé en est facilement reconnaissable sur la carte à 1 : 50000. Un relevé précis de toutes ces lignes indique une succession de cordons littoraux et qui se correspondent d'un flanc de la vallée à l'autre à 2026m, 1920m, 1733m, 1677m, 1636m, 1559m, 1563m, et qui se poursuivent, du fond du Bedretto jusque dans la Lévantine inférieure. Jusqu'à Biasca, on constate encore au-dessous de la zone de 1442m, 7 niveaux distincts. Il est difficile de distinguer et de poursuivre sur de grandes distances les horizons inférieurs dont on retrouve cependant de nombreuses traces jusqu'au niveau du lac Majeur. Il y a en tout 19 zones principales, dont plusieurs sont nettement caractérisées par les cultures ou la végétation naturelle et qui sont réparties entre 2900 et 602m d'altitude au-dessus de la mer.

La disposition horizontale de ces lignes sur les deux flancs de la vallée indique qu'elles doivent être le résultat de l'action de la mer sur ses rives. L'auteur a fait les mêmes observations sur le flanc nord du Gothard, dans la vallée de la Reuss, où il a retrouvé les mêmes zones aux mêmes hauteurs que dans la vallée du Tessin. Il en conclut que les Alpes du Gothard sont sorties de la mer sous leur forme actuelle seulement après l'époque pliocène; ces lignes de rivages indiquent des pauses ou des arrêts dans le mouvement ascensionnel.

Après avoir signalé l'action très diverse de la mer sur ses rives suivant les roches dont elles sont composées, la rapidité des pentes et diverses circonstances locales, M. Stapff fait l'application de ces observations à la vallée du Tessin dans laquelle il reconnaît sous des formes très diverses l'action des eaux marines, souvent effacée du reste par des phénomènes postérieurs. L'état actuel de la vallée est celui d'un fond de mer dont l'action du temps, les glaciers, les eaux courantes ont enlevé par l'érosion une partie de son relief sans y faire des apports quelque peu considérables. On ne peut attribuer à aucune de ces causes la formation de ces lignes horizontales. Les grands traits des vallées étaient déjà dessinés dans les montagnes avant que l'action de l'érosion ait commencé et la régularité de ces lignes non seulement dans la même vallée, mais dans des bassins différents montre leur indépendance de l'action des eaux courantes. Il est vrai qu'on ne trouve aucun reste paléontologique certain qui indique la présence de cette mer et que quelques coquilles seraient une preuve bien désirable pour appuyer cette théorie. M. Stapff croit cependant avoir reconnu dans les rochers quelques trous de pholades. L'époque à laquelle la mer occupait ces vallées est postérieure à celle de la nagelfluh et de la mollasse ; ces roches portent l'empreinte de ces cordons littoraux; elle est antérieure aux anciens glaciers, puisque ceux-ci en ont modifié la forme.

On trouve en outre dans la vallée du Tessin, à des hauteurs diverses des terrasses remarquablement développées; un grand nombre se trouvent à la hauteur de 1200 à 1400^{m}; elles ne peuvent être dues à des lacs, puisqu'il n'y avait pas de barrage qui retint les eaux à cette hauteur. La disposition d'un certain nombre d'entre

elles, et particulièrement celle du Mont Pellegrino qui repose sur le terrain glaciaire, semble indiquer un nouvel affaissement continental postérieur à l'époque de la grande extension, fait qui est encore difficile à accorder avec les données actuelles de la science.

Plusieurs vues et coupes géologiques illustrent ce mémoire.

T. glaciaire. M. Parona [1] confirme l'opinion de Stoppani que, dans la vallée de la Sesia, le glacier ne s'est pas avancé au delà de Borgosesia; le terrain glaciaire y est très abondant, il recouvre le pliocène, remplit les érosions de ce terrain, dont il est toujours séparé par une limite très nette. Dans les environs du lac d'Orta, l'indépendance des terrains glaciaire et pliocène est complète, et leur nature est entièrement différente. Le pliocène n'a pas envahi le bassin du lac d'Orta et ne s'est pas étendu au nord de Gozzano; l'argile pliocène est très pure et ne présente aucun des éléments qu'y aurait amené le voisinage des glaciers; les dépôts morainiques ne renferment pas de coquilles pliocènes, enfin les niveaux auxquels sont déposées ces formations, prouvent que le pliocène était soulevé quand les glaciers ont envahi le pays; il avait déjà été soumis à l'érosion. L'auteur ajoute des remarques sur l'origine des terrains qui bordent la plaine lombarde au débouché de ces vallées.

La vallée du Tessin jusqu'à l'embouchure du Brenno, comprend 423 kilom. carrés qui, à l'époque glaciaire, étaient presque entièrement recouverts de glaces. Aujourd'hui, d'après M. Stapff [2], les neiges et glaciers occupent

[1] Sopra i lembi pliocenici...

[2] Stapff, Geologische Beobachtungen im Tessinthal. N° 3. Gletscher, *Zeitschr. d. d. geol. Ges.*, 1882, 511.

46,5 kilom., soit 11 % de la surface, dont 9 kilom. sont occupés par ces derniers; les névés s'arrêtent à la hauteur de 2875^{m}, tandis que plusieurs glaciers descendent jusqu'à 2460^{m}; mais si la neige tombait en quantité suffisante, les glaciers pourraient atteindre, dans l'état actuel du pays, une surface de 46 kilom. M. Stapff calcule qu'il faudrait qu'il eût neigé 9 fois plus à l'époque glaciaire qu'aujourd'hui pour produire le développement des glaciers, à moins qu'on n'admette un changement dans la température du sol. On n'a pas attaché jusqu'à présent assez d'importance à cette température qui a cependant une influence réelle sur la marche du glacier, la distribution des névés et des glaces et l'état même du sol, sur lequel la désagrégation produite par le gel et le dégel a une si grande influence; à 2875^{m} d'altitude, la température moyenne du sol est à 0° dans le massif du Gothard; c'est à cette ligne que se trouve la limite supérieure de la formation de la glace; la limite inférieure dépend de beaucoup de circonstances diverses.

Entre 2500 et 2600^{m}, les roches polies et striées sont généralement remplacées par des roches fortement désagrégées, comme on peut le constater sur les nombreuses places laissées libres par le retrait des glaces.

Dans la partie supérieure de la vallée, la disposition des roches moutonnées au col même du Gothard, indique le passage d'un glacier qui se dirigeait de la vallée de la Reuss dans celle du Tessin; c'était une partie du glacier du Lucendro, venant de la Fibbia, et que l'encombrement des glaces sur le versant nord, empêchait de prendre cette direction. Les stries des roches polies indiquent, en effet, que les affluents du glacier de la Reuss formaient un barrage puissant en avant des Schöllenen, barrage

suffisant pour avoir obligé pendant quelque temps le glacier d'Urseren à chercher une issue du côté de l'Oberalp (2052^{m}); ce glacier avait 600 à 700^{m} d'épaisseur; sa surface atteignait environ 2100^{m}, presque la hauteur du col du Gothard.

Plusieurs glaciers, dont l'épaisseur était de 160 à 200^{m}, se sont réunis pour former le grand glacier du Tessin; les roches striées et les blocs indiquent les variations dans l'épaisseur du glacier, suivant la puissance et le nombre de ses affluents; son épaisseur moyenne était de 360^{m} environ dans le Bedretto, de 500^{m} dans la haute Lévantine, de 450^{m} dans la Lévantine moyenne, de 405^{m} dans la Biaschina, de 480^{m} dans la basse Lévantine; de 730^{m} près du lac Majeur. Tandis que le glacier de la Reuss avait dans sa partie supérieure des dimensions énormes, celui du Tessin se moulait au contraire au fond des vallées avec une faible épaisseur, et c'est dans la partie inférieure seulement qu'il comblait la vallée, formant un amas dont la surface était à 900^{m} au-dessus du niveau de la mer et dont la puissance allait en augmentant par suite des affluents qu'il recevait, jusqu'au fiord du lac Majeur, dans lequel il se terminait brusquement; il pouvait même, comme l'indiquent les chiffres donnés plus haut, envoyer un bras vers le lac de Lugano par le col du M. Cenere; son épaisseur au col même était de 377^{m}.

Il est impossible d'attribuer à l'action de la glace le creusement des lacs du Gothard et de celui du lac Majeur; le glacier n'a qu'une action érosive très faible; il peut attaquer les flancs des vallées, mais il accumule en même temps sous lui des matériaux qu'il peut aussi affouiller par places, mais qui protègent le sol.

Enfin l'auteur décrit les dépôts glaciaires; il remarque

combien la moraine profonde porte généralement le caractère des roches qui en sont très voisines, tandis que les blocs viennent de distances beaucoup plus grandes. Il communique des observations et des coupes prises dans la vallée de la Reuss, qui montrent la diversité des dépôts glaciaires et leur mélange avec diverses formations de charriage; il signale aussi des restes de bois, contenus dans les dépôts glaciaires et qui prouvent qu'une végétation arborescente bordait l'ancien glacier. Les matériaux se sont accumulés sous le glacier en amas énormes, qui ont encombré par places les vallées; une partie de ces matériaux, entraînés par les eaux, glissaient et roulaient avançant avec le glacier et formant un vrai torrent de boue.

L'ouvrage de M. Nicolis[1] indique l'extension de l'ancien glacier qui occupait le bassin du lac de Garda. Il se prolongeait au sud jusqu'aux environs de Somma-Campagna, Villafranca et Valeggio et se continuait plus à l'ouest; la limite passait par Volta et Lonato. Il signale aussi beaucoup de restes de terrain glaciaire sur les derniers contreforts alpins dans la vallée de l'Adige et la contrée voisine.

Le glacier de l'Adige a laissé un grand amphithéâtre morainique autour de Rivoli et toute cette contrée renferme beaucoup de terrain glaciaire et de traces de roches polies; on trouve des restes de terrain glaciaire jusqu'à 1100m.

M. Bachmann[2] a signalé des coupes du terrain glaciaire qu'il a observées dans la ville de Berne, lors des excavations

[1] Note illustr. alla carta geol. della prov. di Verona.....

[2] Bachmann, Neuere geologische Beobachtungen in Bern. *Mittheil. der naturf. Ges. Bern*, 1882, 61.

faites pour les fondations de divers édifices. Les travaux destinés à l'hôpital de l'Ile ont amené la découverte de nombreux blocs du glacier de l'Aar, dont plusieurs ont été conservés ; ceux qu'a nécessités la fondation des piles du pont du Kirchenfeld ont aussi fait reconnaître des détails intéressants. Le terrain glaciaire a une stratification très inclinée et il présente par places des couches excessivement contournées et tourmentées. Il repose généralement sur la mollasse. D'après M. Studer, ce serait la mollasse marine avec *Squalus cornubicus et canicula* (*L. cuspidata ?* Ag.); mais on y a trouvé récemment des restes de plantes terrestres : *Arundo, Palmacites Helveticus* Heer, *Pinus Gaudini* Hr., ce qui indiquerait la mollasse d'eau douce.

Le lit de l'Aar s'est considérablement élevé depuis que cette rivière a creusé son lit dans la mollasse ; car cette roche est maintenant recouverte de 12m environ d'alluvions modernes ; mais depuis 1714, époque à laquelle la Kander a été détournée et jetée dans le lac de Thoune, cet exhaussement du lit du fleuve s'est arrêté.

M, TH. STUDER [1] a reconnu de nombreux blocs erratiques au sud du lac de Brienz, sur le flanc nord de l'Axalphorn, jusqu'à 1500m de hauteur ; il y a dans le voisinage immédiat de la pension Axalp, un gros bloc de granit du Grimsel, un bloc de calcaire ferrugineux du Hasli et d'autres encore. Les dépôts erratiques garnissent les pentes jusqu'au fond de la vallée, ce qui prouve qu'elle avait déjà alors son relief actuel et que l'ancien glacier atteignait là une épaisseur de 1285m. La limite des blocs est encore plus élevée sur la rive nord du lac.

M. MUHLBERG [2] a décrit un bloc erratique de quartzite,

[1] Geologische Beobachtungen....

[2] Mühlberg, Ein erratischer Block im Gönhard bei Aarau. *Mittheil. der argau. naturf. Ges.*, 1882, III, 183.

trouvé dans la forêt du Gönhard près d'Aarau ; sa longueur est de 1m,50.

M. FUGGER[1] a reconnu dans les environs immédiats de Salzbourg, dans le Tyrol, trois moraines, dont l'une est dans la ville même. Au N.E. de la ville, à 100m au-dessus de la Salzach, se trouve une grande ligne de blocs erratiques, dont quelques-uns de dimensions considérables.

On doit à M. PENCK[2] un travail très complet sur la période glaciaire dans les Alpes allemandes ; cet ouvrage est riche en considérations sur les causes de cette période, son développement et ses conséquences ; je ne puis en donner qu'un court résumé. L'auteur décrit, dans la première partie, les matériaux erratiques de la Haute-Bavière et du Tyrol septentrional, dans les vallées de l'Inn, de l'Isar, du Lech et de l'Iller. L'argile à blocs qui recouvre une grande partie de cette contrée, n'est pas seulement formée des débris abandonnés par le glacier lors de sa fusion; c'est une vraie moraine profonde, sur laquelle celui-ci avançait. Elle a quelquefois une grande épaisseur ; les cailloux et les blocs striés y sont nombreux. Elle repose aussi sur des roches qui, lorsque leur nature s'y prête, sont polies et striées. Le glacier use les roches sur lesquelles il repose, il les brise et en entraîne des fragments qui forment une partie importante de la moraine profonde; celle-ci est formée d'un mélange de toutes les roches sur lesquelles le glacier a passé, et plus le ter-

[1] E. Fugger, Glaciale Erscheinungen in der Nähe von Salzburg. *Verhandl. k. k. g. Reichsanstalt*, 1882, 158.

[2] A. Penck, Die Vergletscherung der deutschen Alpen, ihre Ursachen, periodische Wiederkehr und ihr Einfluss auf die Bodengestaltung. Leipzig, 1882.

rain est éloigné de l'origine de celui-ci, plus sa composition est variée. La majeure partie du transport des matériaux se faisait dans la moraine profonde, et non pas à la surface.

Le glacier de l'Inn, le plus considérable des glaciers de cette partie des Alpes, devait avoir près d'Innsbruck 1000 à 1200^{m} de puissance; ce n'est qu'en aval de cette ville qu'il paraît avoir peu à peu atteint le fond de la vallée; en amont, les restes inférieurs se trouvent sur un terrain qui est situé à 300^{m} environ au-dessus du fleuve, ce qui prouve l'activité de l'érosion depuis cette époque; à Kufstein, l'épaisseur de la glace ne dépassait guère 800^{m}. Plusieurs cols latéraux ont permis aux glaces de se déverser dans les vallées adjacentes. Les glaciers de l'Iller et du Lech avaient aussi des dimensions importantes.

De la vallée du Rhin jusqu'au Chiemsee, une barrière de glaces continue séparait à cette époque les chaînes secondaires des masses centrales. L'importance des vallées longitudinales donnait à cette partie des Alpes, pendant cette période, un aspect très différent de celui de la Suisse, où les vallées s'éloignent perpendiculairement du centre de la chaîne. On ne trouve pas dans cette région les grandes moraines latérales et terminales, ni les grands blocs erratiques des vallées suisses. Les moraines profondes sont beaucoup plus puissantes dans les vallées longitudinales que dans les transversales, bien que celles-ci fussent les voies principales de transport; leur épaisseur est généralement en rapport direct avec la largeur du glacier; elles acquièrent cependant un grand développement dans les gorges étroites qui formaient obstacle au passage des glaces; l'épaisseur de la moraine est d'autant plus grande que le glacier marchait

plus lentement; il creusait là où l'on ne trouve pas de trace de ses dépôts; il avait ainsi une double action sur le fond de la vallée et agissait comme un cours d'eau qui ronge son lit et ses rives lorsque le courant est rapide, et dépose les matériaux enlevés sur les points où il se ralentit.

Ces vastes glaciers se déversaient sans obstacle dans les plaines de la Bavière, s'unissant à l'O. à celui du Rhin, et par là à la grande masse de glace qui s'étendait à travers la plaine suisse jusque dans le Dauphiné. Leur limite septentrionale formait une série de grands arcs indiqués par les moraines terminales et dont les plus considérables sont sur le cours de l'Inn à l'E. de Munich et entre cette ville et le Lech. Elles sont un des traits remarquables du phénomène glaciaire en Bavière; elles sont en majeure partie produites par une accumulation de la moraine profonde que le glacier transportait avec lui.

M. Penck a fait beaucoup d'observations nouvelles sur le terrain glaciaire et les dépôts stratifiés qui lui sont associés. Il attribue des alluvions qui s'observent à de grandes hauteurs (jusqu'à 1300^{m}) à des courants datant de l'époque où les vallées étaient remplies par les glaces. L'eau a joué un grand rôle dans la constitution des moraines et on observe, quoique avec bien des variations, une certaine régularité dans ces dépôts de cailloux roulés, d'argiles stratifiées alternant avec des amas informes d'argile à blocs, etc. La partie inférieure est constituée par les alluvions qui se déposaient à l'extrémité du glacier; elles passent au terrain glaciaire proprement dit, amené sur elles par le glacier en progression. On y trouve souvent de la tourbe.

Plusieurs chapitres de cet ouvrage sont consacrés à l'étude des alluvions infraglaciaires de la plaine et de l'intérieur des Alpes, à celle des dépôts résultant de la fonte des glaces.

Les Alpes étaient occupées à l'époque glaciaire par une grande mer de glace intérieure, de laquelle découlaient des glaciers colossaux. Près des bords de la chaîne, cette mer avait une pente rapide [1], mais les masses intérieures avaient peu d'inclinaison, de même que les glaciers qui en sont sortis. Dans la partie centrale, la glace agissait en rongeant les vallées et enlevant des matériaux ; elle les accumulait, au contraire, dans la partie périphérique. Ainsi se concilient beaucoup d'observations, contraires en apparence.

Y a-t-il eu deux ou plusieurs époques glaciaires dans les Alpes? Après avoir discuté les observations faites sur ce sujet, l'auteur conclut que, jusqu'ici, celles de Heer seules sur les lignites de Durnten sont favorables à cette théorie, mais qu'elles ne sont pas convaincantes, Durnten étant dans la plaine et les glaciers pouvant avoir stationné à quelque distance. Il apporte à l'appui de cette théorie des preuves nouvelles. Basées sur des faits observés soit dans les montagnes, soit dans les plaines de la Haute-Bavière, elles indiquent qu'il y a eu de longues interruptions entre diverses périodes de glaciation et qu'on peut distinguer dans les temps quaternaires au moins trois de ces époques. Il y a, en effet, dans la vallée de l'Inn près d'Innsbruck

[1] Comparer cette remarque avec les données recueillies par M. A. Favre sur les pentes rapides du glacier du Rhône près de Martigny, de celui du Rhin au Calanda (*Archives* 1876, LVII, 192, 194). La même observation a été faite sur celui de l'Arve, près du Môle.

et dans celle de l'Isar, des brèches antérieures à la dernière période glaciaire et qui reposent sur un terrain erratique plus ancien dont elles contiennent des débris; les érosions qui ont eu lieu et la végétation qui s'est établie entre ces deux périodes, prouvent l'importance de cette phase intermédiaire. De plus, M. Gumbel, puis l'auteur même, ont reconnu et décrit des gisements de lignite interglaciaire dans les Alpes de l'Algau, près de Sonthofen, dans la vallée de l'Iller. On y observe la coupe suivante, visible sur plusieurs points :

Argile glaciaire.
Lignite jusqu'à 3^{m} d'épaisseur.
Argile.
Nagelfluh diluvienne de 40 à 60^{m} d'épaisseur.
Moraine profonde inférieure.
Flysch.

La couche de lignite a 1 $^{1}/_{2}$ kilomètre de longueur; elle est située sur une terrasse, à 210 ou 220^{m} au-dessus de l'Iller. C'est après son dépôt que cette rivière a creusé son lit à cette profondeur; puis est venue une nouvelle invasion des glaciers.

Les alluvions anciennes qui se trouvent sur une grande partie du pourtour des Alpes, sont très répandues en Bavière. Elles étaient déjà cimentées, avaient l'aspect d'une nagelfluh compacte et avaient été entamées par de profondes érosions, avant que les glaciers vinssent la recouvrir; puis elles ont été polies et striées par eux; des blocs de cette nagelfluh se voient dans l'argile glaciaire qui la recouvre; sa surface était déjà par place altérée et changée en un lehm rougeâtre. Il y a souvent entre elle et le dépôt glaciaire des alluvions locales non cimentées

qu'il est difficile d'en distinguer et qui sont étroitement associées à l'argile glaciaire proprement dite.

Cette roche ne se trouve que dans la plaine; elle ne se prolonge pas dans les vallées alpines, mais s'interrompt brusquement du côté des Alpes; elle renferme fréquemment à cette limite méridionale des cailloux striés et de vrais dépôts morainiques, tandis que plus au nord elle prend un caractère fluviatile. M. Penck en attribue l'origine à une première extension des glaciers. Il y aurait donc eu dans la Haute-Bavière trois époques glaciaires. La nagelfluh diluvienne serait le produit de la première. Le terrain glaciaire proprement dit de la plaine bavaroise serait dû aux deux dernières. Il est représenté par deux types différents; l'un, qui s'avance le plus loin des Alpes, est bordé par la rangée la plus extérieure des moraines; ses dépôts, souvent très altérés, recouverts par le lœss ou enlevés par les érosions, seraient dus à la seconde; enfin la région située plus en retrait du paysage morainique proprement dit et limitée aussi par une série de moraines, serait le résultat de la troisième qui est aussi la plus récente. Le dépôt de lignite, dont nous avons parlé, se placerait probablement entre les deux premières.

Les matériaux déposés dans la plaine bavaroise par les glaciers, forment une masse de plus de 540 kilomètres cubes, sans compter ce qui a été entraîné par les érosions. Quelque importante que soit l'activité érosive de la glace, l'auteur ne peut admettre que ce soit elle qui ait creusé les vallées alpines; celles-ci avaient leur relief parfaitement caractérisé; mais elles ont subi d'importantes modifications. Tandis que les érosions de l'eau tendent à donner à son cours une pente régulière, la glace creuse, au

contraire, d'une manière irrégulière et peut former des dépressions. Aussi, contrairement à l'avis de beaucoup de géologues qui croient que les glaciers exercent dans les vallées une action protectrice, il semble que c'est pendant les périodes de glaciation que l'action érosive atteignait sa plus grande intensité. Les lacs de la Bavière méridionale et du Tyrol septentrional ne se trouvent que dans l'espace occupé par les anciens glaciers; ce sont des lacs d'érosion dont la formation date de la période glaciaire, et doit être attribuée aux glaciers eux-mêmes; la plupart datent probablement de la dernière époque. L'auteur invoque à l'appui de sa manière de voir la formation des fiords, qu'il regarde comme des bassins lacustres sous-marins, dus à l'action des glaciers sur les rivages.

Enfin ce travail se termine par l'étude des causes de l'extension des glaciers.

M. Bayberger[1] a publié la description de la partie inférieure de l'ancien glacier de l'Inn, de Kufstein jusqu'à Haag dans la plaine bavaroise. La carte jointe à ce mémoire trace avec une grande netteté son extension, le terrain erratique, les moraines, etc., et, en particulier, la magnifique moraine terminale qui le limite. L'auteur s'occupe des restes de l'ancien glacier dans les montagnes et dans la plaine, des roches erratiques, des cours d'eau, des lacs et de leur origine, de la flore et de la faune de cette époque. M. Pichler a reconnu des traces de l'homme antérieures au développement des glaciers[2].

[1] Fr. Bayberger, Der Inngletscher von Kufstein bis Haag. Ein Beitrag zur Kenntniss der sudbayerischen Hochebene. *Petermann's Georgr. Mittheil.* Ergänzungsheft 70. 1881-1882.

[2] *Neu. Jahrb. für Mineral.*, 1873, 612.

Les résultats des recherches de M. Bayberger diffèrent sur plusieurs points de ceux de M. Penck.

Glaciers actuels. M. F.-A. FOREL [1] a publié un deuxième rapport sur les oscillations des glaciers des Alpes (Rev. pour 1881, 297). L'auteur réunit dans ces comptes rendus successifs tous les détails qu'il peut obtenir d'année en année sur l'état de chacun d'eux. Ce sont des documents précieux amassés pour l'avenir. Il est évident qu'un observateur ne peut poursuivre à lui seul cette recherche. Il demande donc instamment que les naturalistes et les membres des Clubs alpins lui communiquent leurs observations. On trouve dans le rapport actuel des données intéressantes sur les glaciers suisses, ceux des bassins de l'Inn, du Pô et de l'Adige. Ils sont entrés dans le mouvement de retraite à des époques très diverses. Tandis que quelques-uns, dans le massif du Tœdi, l'ont commencé en 1830, la plupart ne sont entrés dans cette période qu'entre 1850 et 1860; celui de l'Aar inférieur a progressé jusqu'en 1870 et a atteint à cette date des dimensions qu'il n'avait jamais eues depuis l'époque glaciaire; sa progression a été constante depuis 1816; en 1871 il a abandonné sa moraine frontale et commencé à se retirer.

Cette période semble maintenant près de cesser, et depuis quelques années on a déjà pu constater qu'une dizaine de glaciers ont repris le mouvement de progression dans divers massifs montagneux; celui des Bossons l'a inauguré en 1875; il a été suivi par celui de la

[1] F.-A. Forel, Les variations périodiques des glaciers des Alpes. 2e rapport, 1881. *Écho des Alpes*, 1882, 138. — La période de retraite des glaciers des Alpes de 1850 à 1880. *Jahrb. S. A. C.*, 1882, XVII, 321.

Brenva (1878) qui est aussi dans le massif du Mont-Blanc et par d'autres[1]. En 1881, ce même mouvement s'est manifesté dans le glacier supérieur de Grindelwald (Finsteraarhorn) et dans ceux d'Argentière et du Tour (Mont-Blanc).

Les glaciers des Pyrénées viennent de passer aussi par une grande période de retraite, mais les indications recueillies sur ceux d'autres pays ne sont pas suffisantes pour savoir si ce phénomène a été général ou est resté localisé dans la région moyenne de l'Europe.

Les résultats des mesures de l'ablation du glacier du Rhône, faites avant 1881, ont été publiés par M. RUTIMEYER[2] (Rev. pour 1881, 295). Dans la partie inférieure l'ablation verticale moyenne depuis 1880 a été de $5^m,86$, sur la ligne noire, de $5^m,77$ sur la ligne verte. Dans le glacier supérieur, il y a un léger accroissement ($0^m,12$) sur la ligne jaune et une ablation de $0^m,51$ sur la ligne rouge qui est la plus élevée. Les mesures prises sur les lignes de blocs transversales montrent que le glacier a très peu avancé dans la partie inférieure ; le mouvement a été plus considérable dans la partie supérieure ; le progrès maximum a été pour la ligne jaune de 132^m et pour la ligne rouge de 120^m. L'extrémité, protégée par la moraine, ne s'est presque pas retirée ; depuis 1880, le glacier a laissé à découvert un espace de 23150^{m^3}.

Terrain post-glaciaire. M. ROTHPLETZ (Rev. pour 1881, 290) a cru pouvoir rapporter la formation des terrasses d'alluvion de la vallée de la Limmat à l'époque interglaciaire, et attribuer à une période plus récente

[1] Voyez les observations de M. V. Payot sur les glaciers de Chamonix en 1881. *Bull. Soc. vaud.*, 1882, XVIII, 113.

[2] Rütimeyer, Bericht über die Arbeiten am Rhonegletscher im Jahr 1881. *Jahrb. S. A. C.*, 1882, 315.

le bassin du lac de Zurich qui serait dû à des mouvements du sol postérieurs au dépôt de ces terrasses. M. MÜHLBERG [1] démontre que, si cette théorie est vraie pour le bassin de la Limmat, elle doit l'être aussi pour celui de la Reuss et du Rhône et qu'elle repousserait à la même époque la formation des lacs de Lucerne et de Genève. Cependant, les terrasses de ces deux bassins glaciaires dans l'Argovie sont parfaitement horizontales et la présence de roches alpines dans ces alluvions prouve seulement qu'elles sont dues aux eaux provenant de la fonte des anciens glaciers. Une découverte intéressante a confirmé ce fait. On trouve entre Aarau et Buchs une terrasse de graviers en couches horizontales de 5 mètres d'épaisseur qui recouvre un dépôt local d'alluvions inclinées de 25 degrés, reste d'un cône torrentiel se déversant dans un petit bassin; dans la partie supérieure de ce cône se trouve un gros bloc anguleux d'arkésine schisteuse de 2 mètres de long, ayant l'inclinaison des bancs de graviers, et qui a dû nécessairement être déposé là par un bloc de glace détaché du glacier voisin et venant échouer en ce point. C'est à la fonte des glaciers que sont dus les grands dépôts de graviers en couches horizontales qu'on observe dans l'Argovie.

Marmites de géants. Au point où la Stura aboutit à la plaine italienne, un peu au sud de Lanzo, elle est traversée par un pont, nommé le Ponte del Diavolo, ou del Roc. La rivière est ici profondément encaissée dans une masse de serpentine qui appartient à la zone de la pierre verte. La roche est tantôt compacte, tantôt schisteuse, et a une

[1] Mühlberg, Eine für die Bestimmung des Alters und der Entstehung der Flussterranen entscheidende Thatsache. *Mittheil. der argau. naturf. Ges.*, 1882, III, 177.

inclinaison de 63° à l'est. Le cône de déjection de la Stura, qui date de l'époque préglaciaire, a conservé sa forme intacte, le glacier de la vallée de Lanzo n'étant pas arrivé jusqu'à l'entrée de la plaine. Il a un pourtour de 80 kilomètres et s'élève à 60 mètres au-dessus du cours actuel de la Stura. Il recouvre en majeure partie la serpentine du Ponte del Roc. C'est dans la gorge formée par cette roche que se trouvent des marmites de géants décrites par M. VIRGILIO[1] qui en a donné des coupes et des photographies. Ces 21 marmites sont entièrement dues à l'action érosive de l'eau, charriant des sables et des cailloux; les plus inférieures sont encore en voie de formation; les plus élevées s'observent à 14 mètres au-dessus du niveau du torrent. L'auteur décrit chacune d'elles en donnant leurs dimensions; l'orifice en est plus fréquemment elliptique que circulaire; elles diminuent avec la profondeur et se terminent par une calotte sphérique ou elliptique; les parois de la partie inférieure sont presque verticales; elles s'évasent rapidement vers l'orifice. Plusieurs sont marquées d'impressions spirales qui indiquent le mouvement de l'eau.

Éboulements. M. ROTHPLETZ[2] a réfuté divers points de l'ouvrage de M. Heim sur l'éboulement d'Elm, en démontrant que la théorie de ce savant sur la chute des matériaux est en contradiction avec les lois de la physique. Il n'admet pas que ces matériaux, tombant dans la vallée, aient pu d'eux-mêmes remonter sur le flanc du Duniberg, et il cherche d'autres causes pour expli-

[1] Virgilio, Le Marmitte dei giganti del Ponte del Roc (Lanzo). *Atti R. Accad. di Sc. Torino*, 1882, XVII, 525.

[2] *Zeitschr. d. d. geol. Ges.*, 1881.

quer ce phénomène. Cette théorie lui paraît inconciliable avec les déclarations des témoins oculaires. Les matériaux ont dû être lancés directement par une force tangentielle du Tschingelwald, où a eu lieu l'éboulement, sur les pentes du Duniberg situé en face.

M. Heim[1] discute et réfute les arguments de son contradicteur; puis il reprend une description détaillée du mouvement des masses d'après les anciennes données et celles qu'il a recueillies depuis sa précédente publication. L'éboulement principal se subdivise en trois actes : Dans le premier, les masses détachées sont descendues parallèlement à la pente jusque sur le petit plateau qui est devant le Plattenberg; dans le second, elles ont bondi ou volé horizontalement à travers l'air en suivant une courbe jusqu'à la partie septentrionale de l'Unterthal et la base du Duniberg, formant ainsi un nuage de pierres où les premières étaient poussées par celles qui leur succédaient; dans le troisième, elles ont roulé sur le flanc du Duniberg et dans le fond de la vallée formant ainsi le courant de débris. Le courant d'éboulement qui s'est étalé dans le fond de la vallée est formé de zones concentriques, plus élevé dans la partie médiane et, quoique ce dépôt se soit fait presque instantanément, il a tous les caractères d'un amas qui aurait coulé régulièrement. Les matériaux de la partie inférieure du Plattenberg sont à l'extrémité de cet amas, ceux de la partie supérieure sont restés plus près de la base de la montagne. Plusieurs figures accompagnent ce mémoire.

Le même auteur[2] a publié plus tard divers docu-

[1] Heim, Der Bergsturz von Elm. *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1882, 74.

[2] Heim, Ueber den Bergsturz von Elm. *Zeitschr. der d. d. geol. Ges.*, 1882, 435.

ments nouveaux qui lui sont parvenus sur cet éboulement.

On doit aussi à M. de TRIBOLET[1] une notice sur le même éboulement; elle est extraite de l'ouvrage de MM. Buss et Heim (Rev. pour 1881, 303).

FAUNE QUATERNAIRE. M. STAPFF[2] a trouvé dans une argile glaciaire près de Lavorgo, dans le Tessin, beaucoup de restes de végétaux. Après le retrait du glacier qui a laissé en place une moraine, il s'était formé sur ce point un lac dans lequel se déversait le torrent venant du glacier voisin; ce torrent a déposé une argile compacte, épaisse, dans laquelle se trouvent les restes indiqués; ils appartiennent à 17 espèces dont aucune ne vit plus dans cette région, mais qui caractérisent une zone plus froide, celle de la limite de la végétation arborescente (2000 mètres environ). Parmi eux se trouve un morceau de bois scié transversalement à une extrémité avec une scie grossière et taillé obliquement à l'autre par un instrument tranchant. Ce fait indique la présence de l'homme dans cette contrée à cette époque ancienne.

M. PROBST[3] a découvert dans les fentes de la mollasse marine à Baltringen en Souabe, des restes de la marmotte, et à Mietingen des restes du lemming (*Myodes torquatus*). Ces animaux viennent compléter la faune quaternaire de cette contrée dont on connaissait déjà les grands mammifères, particulièrement par les tra-

[1] M. de Tribolet, L'éboulement d'Elm. *Bull. Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel*, 1882, XII, 439.

[2] Stapff, Ueber ein im Glacialthon bei Lavorgo gefundenes eingekerbtes Stück Kieferholz. *55. Versammlung deutsch. Naturf. und Aerzte zu Eisenach*, 1882

[3] Probst, Das fossile Murmelthier und der Halsband-Lemming Oberschwaben. *Würtemb. naturw. Jahresb.*, 1881, XXXVIII, 51.

vaux de M. Fraas sur la station de Schussenried[1], et ils fournissent des données importantes sur le climat de cette époque.

M. Kraus[2] a trouvé dans les cavernes du massif du Dachstein dans le Tyrol, des restes d'*Ursus spelæus*; ils étaient en très grande abondance dans une grotte nommée le Schottloch, au pied du Kufstein.

M. Marcel[3] a décrit des tombes de l'âge de la pierre trouvées à Verney sous Pully (Vaud). Elles contenaient 5 squelettes (un homme, une femme et trois enfants); au milieu d'un des corps se trouvaient 34 lamelles de dents de sanglier polies et percées au bout de trous coniques. Une tombe voisine renfermait le squelette d'un vieillard.

L'abaissement du niveau du lac de Neuchâtel a mis à découvert beaucoup de stations lacustres. M. V. Gross[4] a signalé les trouvailles récentes qui ont été faites dans la station de St-Blaise qui, comme celle de Locras, de Gérofin (Œfeli) et de Sutz, est d'une époque de transition entre l'âge de la pierre et celui du bronze. On y a trouvé des hachettes en pierre dont un bon nombre sont en jadéite, en néphrite et en chloromélanite; elles sont en majeure partie fixées dans des gaînes de corne de cerf; il y a beaucoup d'objets en corne et en os, en silex, en serpentine dont plusieurs ont des formes nouvelles, 7 objets en cuivre et une belle lame de poignard en bronze. L'auteur a figuré une partie de ces objets.

[1] *Würtemb. naturw. Jahresb.*, 1867.

[2] F. Kraus, Neue Funde von Ursus spelæus im Dachsteingebiete. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1881, XXXI, 529.

[3] Marcel, Tombes caveaux de l'âge de la pierre. *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 225, 262.

[4] V. Gross, La station de l'âge de la pierre de St-Blaise. *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 259.

On doit au même auteur [1] la découverte d'un poignard en silex avec sa poignée dans la station de Finels (lac de Bienne).

M. Burkhardt-Ræber [2] a décrit deux couteaux de l'époque du bronze, presque identiques et remarquables par leur forme et la perfection du travail, dont l'un a été trouvé à Mellingen en Argovie, et l'autre dans le port de Genève, au pied de la pierre du Niton.

M. Vouga [3] a signalé sur la côte occidentale du lac de Neuchâtel, la station du Chatelard, éminence dans laquelle ont été trouvés de nombreux restes de diverses époques, depuis celle de la pierre jusqu'au moyen âge. Ceux de la première époque sont particulièrement abondants (environ 250 haches, 55 instruments de silex taillés, etc.).

M. Castelfranco [4] a découvert et décrit la station lacustre de la Lagozza, bassin tourbeux, situé à quelque distance de Centenate, dans la commune de Besnate. Cette palafitte de 4000 mètres carrés a fourni de nombreux sujets de terre cuite, de pierre et des restes de végétaux, objets décrits et en partie figurés par l'auteur.

M. Sordelli [5] a publié une description détaillée des végétaux trouvés dans cette station.

Divers détails ont été donnés sur les stations lacustres

[1] *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 324.

[2] Burkhardt-Ræber, Zwei Bronzemesser von Mellingen und Genf. *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 262.

[3] Vouga, Moulins et pierres à écuelles de la côte occidentale du lac de Neuchâtel. *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 226.

[4] Castelfranco, Notizie intorno alla stazione lacustre della Lagozza nel comune di Besnate. *Atti Soc ital. di Sc. nat.*, 1881, XXIII, 193.

[5] Sordelli, Sulle piante della torbiera e della stazione prehistorica della Lagozza. *Ibid.*, 219.

de la Suisse septentrionale [1]. M. A. HEIM [2] a figuré une hache en quartzite trouvée dans le canton de Zoug. M. VOUGA [3] a décrit deux bracelets en bronze de l'époque larnaudienne, trouvés dans le lac de Neuchâtel. M. MESSIKOMMER [4] a dessiné une hache en cuivre de la station de Robenhausen, où les instruments de ce métal sont très rares. M. GROSS [5] a signalé la découverte faite par M. Vouga, à la station de la Tène, d'une roue d'un chariot du premier âge du fer.

M. QUIQUEREZ [6] a figuré la pierre à écuelles de Sornetan; c'est un bloc de quartzite de 2 m. de long, renfermant deux cavités de 12 à 16 centim. de long sur 10 de large. Il en a aussi indiqué une autre qui se trouve près de l'église de Courrendlin.

M. VOUGA [7] en a signalé une autre à l'entrée du village de St-Aubin, où elle sert de bouteroue.

[1] E. S. Rückblick auf die neuesten in der Nordschweiz ausgeführten Pfahlbauten-Untersuchungen. *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 321.

[2] Ibid., 323.

[3] Ibid., 325.

[4] Ibid., 324.

[5] Ibid., 325.

[6] Quiquerez, Une pierre à écuelles à Sornetan. *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 229.

[7] *Indic. d'antiq. suisses*, 1882, 259.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

J. Gresly et F. Meyer. Acide mésitylenephtaloïque. (*Berichte*, XV, p. 639. Genève.)

Cet acide se forme par l'action du chlorure d'aluminium sur l'anhydride phtalique dissout dans le mesitylène; il fond à 212° et cristallise en aiguilles de sa dissolution alcoolique.

V. Meyer et E.-J. Constam. Des acides azauroliques. (*Ann. Lieb.*, 214, p. 328. Zurich.)

Les auteurs décrivent l'acide éthylazaurolique et l'acide popylazaurolique. En cherchant à obtenir l'acide de la série méthylique, ils n'ont obtenu qu'une poudre amorphe jaune, détonant au-dessus de 100°, qu'ils n'ont pu analyser. Si l'on chauffe l'acide éthylazaurolique avec de l'acide chlorhydrique dilué, on obtient une éthylidenhydroxylamine $CH_3CH(NHOH)_2$ HCl fusible à 149°, et en transformant le produit brut en sulfate, ils ont isolé en outre une nouvelle substance qu'ils nomment éthylleukazone, dont le sulfate forme des cristaux prismatiques brillants, fusibles à 161°,5; la base elle-même fond à 158° et forme des cristaux en fer de lance; elle présente les caractères d'un acide amidé. Sa formule empirique est $C_4H_7N_3O$ et par oxydation elle donne de l'acide acétique; la réaction qui lui donne naissance est probablement $C_4H_8N_4O_2 + H_2O = C_4H_2N_3O + NH_2OH + O$. Cet oxygène en oxyde une partie et donne naissance à de l'acide acétique, de l'azote et du protoxyde d'azote. L'ammoniaque agit de même que l'acide chlorhydrique.

V. MERZ et W. WEITH. DÉRIVÉS NITRÉS DE LA NAPHTALINE. (*Berichte*, XV, p. 2708. Zurich.)

Dans ce travail, les auteurs décrivent de nombreux produits nitrés de la naphtaline et de ses dérivés.

V. MEYER et H. GOLDSCHMIDT. MÉTHODE POUR OBSERVER LE POIDS SPÉCIFIQUE DES GAZ PERMANENTS A DE HAUTES TEMPÉRATURES. (*Berichte*, XV, p. 1161. Zurich.)

Meyer a fait fabriquer en porcelaine de Bayeux son appareil décrit *Berichte*, XV, p. 137. La capacité de l'ampoule est d'environ 100^{m} et M. Goldschmidt s'en est servi pour étudier la densité des vapeurs du cyanogène. Jusqu'à 800°, la densité ne varie pas et reste normale ; à 1200° le gaz se décompose et donne de l'azote.

V. MEYER et A. JANNY. DÉRIVÉS AZOTÉS DE L'ACÉTONE. (*Berichte*, XV, p. 1164, Zurich.) — ACTION DE L'HYDROXYLAMINE SUR L'ACÉTONE ET QUELQUES ACIDES. (p. 1324 et 1525.)

Comme la constitution des acides nitroliques, où Meyer admet le groupe = N.OH, n'est pas encore absolument prouvée, les auteurs ont voulu préparer les corps CH_3. CO. CH = N.OH par l'action de l'hydroxylamine sur l'acétone bichlorée, mais ils ont obtenu un corps nouveau de la formule

$$C\begin{cases} CH_3 \\ = N.OH \\ CH{=}N.OH \end{cases}$$

qu'ils nomment acide acétoximique, poudre cristallisant d'alcool sous forme de prismes fusibles à 153°, les alcalis le dissolvent sans coloration. On obtient ce même corps en partant de la nitrosoacétone; mais si l'on fait agir l'acétone sur l'hydroxylamine, on obtient l'acétoxime

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CNOH \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$

prismes solubles dans l'eau et l'alcool, fusibles à 59°-

60° et bouillant à 134°,8. Cette substance est neutre, très volatile.

La réaction de l'hydroxylamine sur les corps renfermant le groupe CO ou COH dans la série grasse est générale et on obtient par ce moyen des corps nitrosés; ainsi l'acide nitrosoproprionique, qui a certainement la constitution $CH_3.CH(NO).COOH$, s'obtient aussi par l'action de l'hydroxylamine sur l'acide pyruvique, mais il est possible que l'hydroxylamine agisse aussi d'une façon différente et ne donne pas toujours naissance à de véritables corps nitrosés, ainsi l'acétoxyme est attaqué avec violence par le chlorure d'acétyle et par l'anhydride de l'acide acétique, ce qui indiquerait plutôt la constitution $C{=}N.OH$ ou $C\begin{cases} NH \\ | \\ O \end{cases}$ que la constitution $C\begin{cases} H \\ NO \end{cases}$

M. Cérésole. Nitrosoacétone et acide acétacétique. (*Berichte*, XV, p. 1326. Zurich.)

Une dissolution d'éther acétacétique dans la potasse caustique diluée, fraîchement préparée, donne avec l'acide nitreux, l'éther nitrosoacétique, tandis que si elle est préparée seulement 24 heures auparavant, on obtient la nitrosoacétone. Cette différence d'action provient de ce qu'il se forme un acide aux dépens de l'éther acétacétique, c'est l'acide acétacétique qui est sirupeux et qui, déjà au-dessous de 100° se décompose en acide carbonique et en acétone.

Ed. Knecht. Mesorcine. (*Berichte*, XV, p. 1375. Zurich.)

L'auteur en partant du mesitylène, a préparé la nitromésidine, le nitromesitol, l'amidomesitol, l'oxymesitol ou mesorcine $C_9H_{12}O_2$, fusible à 149°-150° et distillant à 274°. Le perchlorure de fer donne un précipité gris-jaune et si l'on distille le produit de la réaction avec les vapeurs d'eau, on obtient l'oxymésitylènechinone. Cette mésorcine, avec l'acide sulfu-

rique, donne un produit de condensation fluorescent, mais ne donne pas de véritable fluoresceïne avec l'acide phtalique.

A. STEINMANN. SULFATE DE CUIVRE BASIQUE. (*Berichte*, XV, p. 1411. Zurich.)

Si l'on chauffe en tube à 250° une dissolution saturée à froid de sulfate de cuivre dans l'eau, on obtient un sel cristallin vert qui a pour formule $(6CuO + 2SO_3 + 3H_2O)$.

KARL MAINZER. SUR LES PRODUITS DE DÉCOMPOSITION PAR LES ACIDES DES SULFO-URÉES AROMATIQUES MIXTES. (*Berichte*, XV, p. 1412. Zurich.)

Les sulfo-urées aromatiques mixtes, étudiées à ce point de vue, sont l'α et β naphtylphenyl — l'α et β naphtyl-o-tolyl — l'α et β naphtyl-p-tolyl et l'*o*- et *p*- tolylphenyl sulfo-urée. Il y a scission de la molécule et de chaque urée on obtient 2 amines et 2 sulfocyanures, par exemple pour l'α naphtylphenyl — sulfo-urée, on obtient par l'acide chlorhydrique à 150°, le sulfocyanure de phényl et l'α sulfocyanure de naphtyl de l'aniline et de l'α naphtylamine.

BOTANIQUE

MASTERS. SUR LES OUVRAGES DE PHYSIOLOGIE ET D'ANATOMIE BOTANIQUES. (*Gardener's Chronicle*, du 14 octobre 1882.)

Nous traduisons un article très judicieux du Dr Masters dans l'espoir qu'il sera lu par des physiologistes et anatomistes. Il a paru dans le *Gardener's Chronicle*, à l'occasion d'une traduction en anglais du dernier traité de Sachs sur la morphologie et la physiologie.

« Un bon traité devrait être à l'égard des mémoires isolés ce

qu'une bonne monographie est pour les espèces décrites çà et là. L'auteur d'une monographie, non seulement réunit tous les faits utiles à connaître, mais encore il les compare, les coordonne, les digère, en suivant un ordre régulier, de manière à constituer un ensemble satisfaisant. Dans ce genre de travail les botanistes descripteurs de groupes sont ordinairement plus avancés que ceux qui s'occupent de physiologie et d'anatomie microscopique. Ces derniers travaillent chacun pour soi, le plus souvent, et s'inquiètent peu de ce qui a été fait avant eux. Ce n'est pas toujours le cas, et les physiologistes regarderaient comme blessante l'imputation de négliger l'histoire de leur science Cependant il suffit de jeter un coup d'œil sur les ouvrages modernes d'expériences et d'observations, pour constater que dans les laboratoires on se donne moins de peine que chez les descripteurs systématiques pour coordonner son travail avec ceux des prédécesseurs dans la même branche.

« L'effet en est déplorable. Il est impossible pour des botanistes, professeurs ou autres, d'être versés également dans toutes les parties de la science, et il est par conséquent essentiel que les principaux traités présentent des vues correctes et générales de l'état actuel des connaissances, en les dégageant des détails qui se contredisent. Beaucoup de choses qu'on donne pour nouvelles, le sont seulement pour la forme et la terminologie. Une nouvelle manière de voir d'anciens faits — un nouveau point de départ — sont souvent de même importance qu'un fait nouveau; mais une nouvelle terminologie pour un vieux fait ou un phénomène déjà connu, ou pour quelque modification insignifiante, est un embarras plutôt qu'un avantage. Quel bien trouve-t-on, par exemple, à remplacer les vieux mots de bois et écorce, par *xylem* et *phloem?* La difficulté est, aujourd'hui, de savoir précisément ce qui est nouveau dans la surabondance des publications, et cela résulte en partie de l'absence d'ordre systématique dans les ouvrages de physiologie. »

Des réflexions analogues ont été développées par M. A. de Candolle, dans sa *Phytographie*, p. 173, 189, 221, 234.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1883

Le 2, gelée blanche le matin ; assez fort vent l'après-midi.
6, brouillard presque toute la journée.
9, gelée blanche le matin ; brouillard à 8 h. du matin.
13, gelée blanche et brouillard le matin.
15, gelée blanche le matin ; hâlo lunaire à 6 h. du soir.
16, bruine à 6 h. du matin ; assez forte bise l'après-midi.
17, assez forte bise toute la journée.
18, hâlo lunaire à 8 h. du soir.
19, hâlo lunaire à 10 h. du soir.
20, gelée blanche le matin.
21, id.
22, id.
23, id.
24, faible gelée blanche le matin.
25, id.
26, gelée blanche le matin, brouillard de 8 h. à 10 h. du matin ; assez forte bise le soir.
27, faible gelée blanche le matin ; brouillard de 8 h. à 10 h. du matin.
28, gelée blanche le matin ; brouillard à 10 h. du matin.

ERRATUM. On a omis d'indiquer la hauteur de l'eau tombée le 30 janvier 1883 ; elle est de $4^{mm},6$ tombée en 5 heures. La quantité de pluie de la dernière décade est par conséquent égale à $16^{mm},8$, et celle du mois à $47^{mm},3$.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. soir	733,45
11 à 10 h. soir	732,80
16 à 10 h. matin	735,46
23 à 8 h. matin	745,16
27 à 10 h. matin	738,03

MINIMUM.	mm
Le 10 à 10 h. soir	724,83
12 à 8 h. soir	725,23
18 à 8 h. soir	727,80
26 à 4 h. soir	736,65
28 à 4 h. soir	734,72

GENÈVE. — FÉVRIER 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	716,96	—10,49	+ 2,65	+ 2,20	— 0,2	+ 7,4	4,93	+0,71	856	+ 11	690	950	...	...	SSO. 1	0,72	+5,8	+ 1,0	138,0
2	722,41	— 5,00	+ 5,26	+ 4,75	— 1,4	+11,5	4,63	+0,40	682	—161	440	910	...	...	SSO. 1	0,49	5,8	+ 1,0	137,0
3	727,97	+ 0,61	+ 5,70	+ 5,12	+ 5,0	+ 9,9	5,83	+1,59	852	+ 10	720	910	0,3	2	N. 1	0,98	5,9	+ 1,1	137,2
4	731,78	+ 4,47	+ 4,06	+ 3,41	+ 3,2	+ 6,1	5,67	+1,42	908	+ 68	790	1000	11,9	12	NNE. 1	0,83	...	.....	138,0
5	732,34	+ 5 08	+ 2,91	+ 2,19	+ 2,2	+ 4,2	4,33	+0,07	769	— 70	660	790	...	...	NNE. 1	1,00	5,8	+ 1,0	137,5
6	729,51	+ 2,30	+ 1,20	+ 0,40	+ 0,8	+ 2,8	4,42	+0,15	883	+ 46	840	910	...	...	NE. 1	1,00	5,8	+ 1,0	132,0
7	727,64	+ 0,48	+ 2,46	+ 1,59	+ 1,6	+ 5,0	4,32	+0,04	790	— 45	700	860	...	...	variable	0,98	5,8	+ 1,0	129,5
8	727,54	+ 0,43	+ 6,11	+ 5,16	+ 2,2	+11,0	5,24	+0,95	738	— 96	540	920	...	...	variable	0,82	6,3	+ 1,5	131,5
9	726,94	— 0,11	+ 4,92	+ 3,89	+ 0,8	+10,4	5,76	+1,47	864	+ 32	690	950	1,2	4	variable	0,83	6,2	+ 1,3	131,5
10	727,91	+ 0,91	+ 6,42	+ 5,31	+ 4,8	+12,1	5,95	+1,65	827	— 3	620	940	...	...	NNE. 1	0,60	6,4	+ 1,5	131,3
11	729,07	+ 2,13	+ 4,56	+ 3,36	+ 1,7	+11,3	5,68	+1,37	892	+ 64	800	980	11,6	12	SSO. 1	0,75	...	.....	127,0
12	728,05	+ 1,17	+ 2,73	+ 1,45	0,0	+ 8,5	4,85	+0,53	858	+ 32	680	930	...	...	variable	0,62	6,2	+ 1,3	130,5
13	726,65	— 0,17	+ 2,14	+ 0,77	0,0	+ 4,6	5,22	+0,89	939	+115	870	990	5,8	9	SO. 1	0,99	6,0	+ 1,1	130,0
14	731,35	+ 4,59	+ 4,37	+ 2,91	+ 0,8	+ 7,4	5,64	+1,31	898	+ 76	790	980	...	...	NNE. 1	0,71	6,0	+ 1,0	130,5
15	733,92	+ 7,22	+ 3,82	+ 2,27	— 0,1	+ 8,8	5,37	+1,03	875	+ 55	640	970	...	...	variable	0,67	5,9	+ 0,9	131,0
16	735,12	+ 8,48	+ 4,13	+ 2,49	+ 3,2	+ 8,0	4,61	+0,26	759	— 59	560	890	2,4	4	NNE. 1	0,95	6,5	+ 1,5	128,0
17	733,01	+ 6,43	+ 4,23	+ 2,49	+ 3,0	+ 6,5	4,84	+0,48	783	— 33	700	840	...	...	NNE. 2	0,92	6,2	+ 1,2	131,3
18	729,61	+ 3,09	+ 4,50	+ 2,67	+ 0,9	+ 9,7	4,73	+0,36	746	— 68	570	940	...	...	variable	0,67	...	.....	129,0
19	728,69	+ 2,23	+ 4,26	+ 2,33	+ 2,2	+ 7,7	5,03	+0,65	814	+ 2	670	890	...	...	NNE. 1	0,84	6,4	+ 1,3	128,5
20	734,83	+ 8,44	+ 2,31	+ 0,28	— 1,5	+ 6,6	4,10	—0,28	755	— 55	540	920	...	...	N. 1	0,08	6,4	+ 1,3	127,3
21	740,92	+14,59	+ 2,46	+ 0,33	— 2,6	+ 7,2	3,97	—0,42	722	— 85	510	930	...	...	NNE. 1	0,03	6,3	+ 1,2	128,0
22	741,16	+14,89	+ 4,34	+ 2,11	— 1,6	+12,8	4,60	+0,20	737	— 68	420	920	...	...	variable	0,00	6,4	+ 1,2	127,0
23	744,25	+18,05	+ 5,45	+ 3,12	— 0,7	+11,9	5,39	+0,98	780	— 23	560	960	...	...	variable	0,16	6,5	+ 1,3	127,5
24	741,63	+15,49	+ 5,41	+ 2,97	+ 0,3	+11,8	4,50	+0,08	698	—102	420	900	...	...	variable	0,02	6,6	+ 1,4	128 0
25	739,66	+13,58	+ 5,88	+ 3,34	+ 0,2	+11,3	4,74	+0,31	690	—108	480	790	...	...	NNE. 1	0,00	...	.....	126,0
26	738,28	+12,27	+ 5,95	+ 3,30	+ 1,0	+11,6	5,00	+0,56	720	— 76	420	950	...	...	NNE. 1	0,09	6,9	+ 1,6	125,1
27	737,39	+11,44	+ 4,75	+ 1,99	+ 1,1	+10,0	4,56	+0,11	713	— 80	470	870	...	...	variable	0,20	7,2	+ 1,9	125,5
28	735,65	+ 9,76	+ 5,15	+ 2,28	— 0,6	+11,5	4,87	+0,41	732	— 59	400	890	...	...	NNE. 1	0,27	7,0	+ 1,6	123,0

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,51	727,04	727,49	727,27	726,86	726,89	727,22	727,44	727,55
2e »	730,56	731,06	731,30	731,01	730 80	730,90	731,14	731,31	731,68
3e »	740,24	740,65	740,56	740,08	739,17	738,81	739,15	739,53	739,71
Mois	731 88	732,36	732,59	732,27	731,79	731,72	732,03	732,27	732,50
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,55	+ 2,64	+ 4,24	+ 6,17	+ 6,80	+ 6,43	+ 5,33	+ 4,86	+ 4,37
2e »	+ 2,57	+ 2,86	+ 4,28	+ 5,23	+ 6,41	+ 5,94	+ 5,14	+ 3,91	+ 2,97
3e »	+ 0,12	+ 1,07	+ 5,39	+ 7,59	+ 9,84	+10,32	+ 8,39	+ 6,36	+ 4,36
Mois	+ 1,86	+ 2,27	+ 4,58	+ 6,24	+ 7,53	+ 7,37	+ 6,14	+ 4,94	+ 3,87
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,84	4,84	5,16	5,14	5,14	5,29	5,35	5,26	5,19
2e »	5,03	4,97	5,21	4,95	5,00	5,07	5,08	5,03	4,96
3e »	4,18	4,35	4,94	4,76	4,54	4,76	5,09	5,11	4,84
Mois	4,72	4,74	5,12	4,97	4,92	5,06	5,18	5,13	5,01
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	873	862	816	728	700	735	795	813	828
2e »	907	880	839	747	701	730	771	831	879
3e »	899	877	735	606	499	510	624	714	779
Mois	892	873	801	700	643	669	737	791	832

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 1,90	+ 8,04	0,82	+ 5,98	13,4	134,35
2e »	+ 1,02	+ 7,91	0,72	+ 6,20	19,8	129,31
3e »	— 0,36	+ 11,00	0,10	+ 6,70	—	126,26
Mois	+ 0,94	+ 8,84	0,58	+ 6,26	33,2	130,24

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,86 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 11°,9 E. et son intensité est égale à 25,07 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1883

Le 1er, brouillard le matin.
3, brouillard depuis 8 h. du matin.
4, neige dans la nuit du 3-4 et pendant la journée ; brouillard par intervalles.
10, brouillard depuis 4 h. du soir.
11, neige jusqu'à 8 h. du soir, puis brouillard ; assez fort vent le matin ; forte bise le soir.
12, assez fort vent le soir.
13, brouillard par un fort vent le matin ; neige l'après-midi.
14, neige dans la nuit et le matin.
16, très forte bise tout le jour ; neige le matin, brouillard l'après-midi.
19, brouillard par une forte bise l'après-midi.
20, brouillard et forte bise le matin.
22, forte bise l'après-midi.
23, forte bise tout le jour.
24, id.
26, forte bise l'après-midi.
27, forte bise le soir.
28, forte bise toute la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 4 h. soir	566,33		
		Le 7 à 6 h. matin	560,26
8 à 8 h. soir	564,60		
		9 à 6 h. matin	563,36
10 à 10 h. matin	565,15		
		11 à midi	562,69
12 à 8 h. matin	565,03		
		13 à 4 h. soir	561,45
15 à 10 h. matin	568,52		
		19 à 6 et 8 h. matin	560,24
23 à 8 h. matin	575,68		
		26 à 4 h. soir	570,14
27 à 2 h. soir	571,02		
		28 à 2 h. soir	568,01

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum des 9 observat.	Température C. Maximum des 9 observat.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	554,25	— 6,20	550,44	557,68	— 8,11	+ 0,96	— 9,7	— 5,2	.....	.....	....	variable	0,38
2	560,75	+ 0,33	558,86	563,01	— 7,66	+ 1,40	— 9,4	— 6,0	.....	.....	....	SO. 1	0,18
3	564,39	+ 4,01	563,23	565,12	— 8,02	+ 1,03	— 8,8	— 5,6	.....	.....	....	SO. 1	0,92
4	564,78	+ 4,44	564,49	565,60	— 6,83	+ 2,21	— 8,6	— 5,0	360	21,8	....	NE. 1	0,77
5	566,06	+ 5,76	565,68	566,33	— 3,48	+ 5,55	— 5,7	— 0,5	.....	.....	....	SO. 1	0,00
6	562,49	+ 2,22	560,92	564,23	— 2,12	+ 6,90	— 4,0	+ 0,9	.....	.....	....	NE. 1	0,00
7	560,99	+ 0,76	560,26	562,17	— 5,43	+ 3,58	— 7,5	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,49
8	563,80	+ 3,60	562,85	564,60	— 3,07	+ 5,92	— 4,5	— 1,0	.....	.....	....	SO. 1	0,50
9	563,83	+ 3,66	563,36	564,29	— 1,28	+ 7,69	— 4,2	+ 3,0	.....	.....	....	variable	0,62
10	564,48	+ 4,34	564,17	565,15	— 5,10	+ 3,85	— 7,8	— 2,3	.....	.....	....	SO. 1	0,57
11	563,38	+ 3,28	562,69	564,70	— 7,69	+ 1,24	— 9,2	— 5,2	230	17,2	....	variable	0,98
12	564,22	+ 4,15	563,41	565,03	— 9,11	— 0,20	—12,5	— 6,5	.....	.....	....	variable	0,20
13	561,68	+ 1,64	561,45	562,14	— 7,43	+ 1,45	— 8,6	— 6,4	100	6,1	....	SO. 2	0,97
14	564,83	+ 4,82	564,23	566,38	— 6,33	+ 2,52	— 8,1	— 4,0	120	11,0	....	NE. 1	0,41
15	567,76	+ 7,78	566,73	568,52	— 3,28	+ 5,54	— 6,7	0,0	.....	.....	....	NE. 1	0,54
16	564,39	+ 4,44	564,23	565,04	—10,07	— 1,28	—11,4	— 7,5	130	8,0	....	NE. 2	0,98
17	564,69	+ 4,77	564,39	565,07	— 8,97	— 0,21	—11,8	— 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0,03
18	562,42	+ 2,53	561,45	563,64	— 6,45	+ 2,28	— 8,4	— 3,3	.....	.....	....	NE. 1	0,48
19	561,07	+ 1,20	560,24	562,14	— 9,53	— 0,84	—10,1	— 7,7	.....	.....	....	NE. 2	0,89
20	565,65	+ 5,80	563,00	568,11	—11,56	— 2,91	—12,4	—10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,35
21	571,45	+11,62	569,51	572,88	— 6,63	+ 1,98	—12,4	— 3,1	.....	.....	....	NE. 1	0,04
22	573,98	+14,17	573,31	574,92	— 1,95	+ 6,62	— 3,8	+ 1,1	.....	.....	....	NE. 1	0,06
23	574,96	+15,17	574,71	575,68	— 4,31	+ 4,22	— 7,8	— 1,8	.....	.....	....	NE. 2	0,13
24	573,50	+13,73	573,10	574,14	— 3,93	+ 4,56	— 5,7	— 1,5	.....	.....	....	NE. 2	0,00
25	572,58	+12,83	572,19	573,03	— 3,79	+ 4,65	— 4,7	— 2,3	.....	.....	....	NE. 1	0,07
26	570,52	+10,79	570,14	571,21	— 3,79	+ 4,60	— 5,2	— 0,3	.....	.....	....	NE. 2	0,10
27	570,63	+10,92	570,39	571,02	— 2,28	+ 6,06	— 4,5	+ 0,7	.....	.....	....	NE. 1	0,14
28	568,06	+ 8,36	568,01	568,62	— 5,06	+ 3,23	— 6,2	— 2,3	.....	.....	....	NE. 2	0,26

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1883.

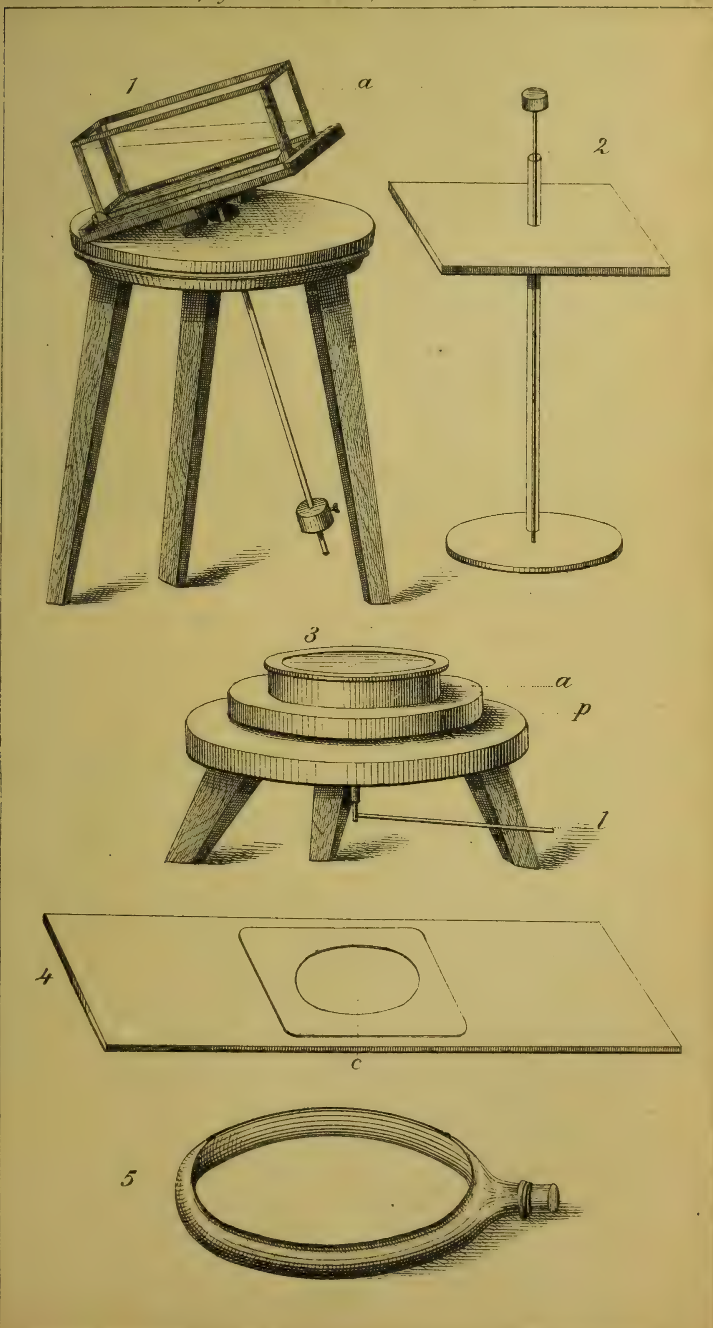
	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	561,78	562,14	562,54	562,58	562,66	562,79	562,96	563,19	563,33
2e »	563,59	563,96	564,14	564,02	563,97	564,10	564,31	564,38	564,32
3e »	571,83	572,05	572,22	572,09	571,98	571,92	572,07	572,13	572,07
Mois	565,30	565,62	565,88	565,81	565,79	565,87	566,04	566,17	566,18
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,48	— 4,84	— 3,74	— 3,01	— 3,19	— 4,39	— 5,45	— 6,05	— 6,24
2e »	— 9,25	— 8,30	— 6,68	— 6,39	— 6,03	— 7,00	— 8,10	— 8,42	— 8,61
3e »	— 5,31	— 4,16	— 2,91	— 1,50	— 1,70	— 2,90	— 4,04	— 4,47	— 5,11
Mois	— 6,78	— 5,88	— 4,55	— 3,79	— 3,78	— 4,90	— 5,99	— 6,45	— 6,76

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 7,02	— 2,47	0,44	21,8	360
2e »	— 9,92	— 5,66	0,58	42,3	580
3e »	— 6,29	— 1,19	0,10	—	—
Mois	— 7,85	— 3,24	0,39	64,1	940

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,94 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 64,7 sur 100.


1
a
2
3
a
p
l
4
c
5

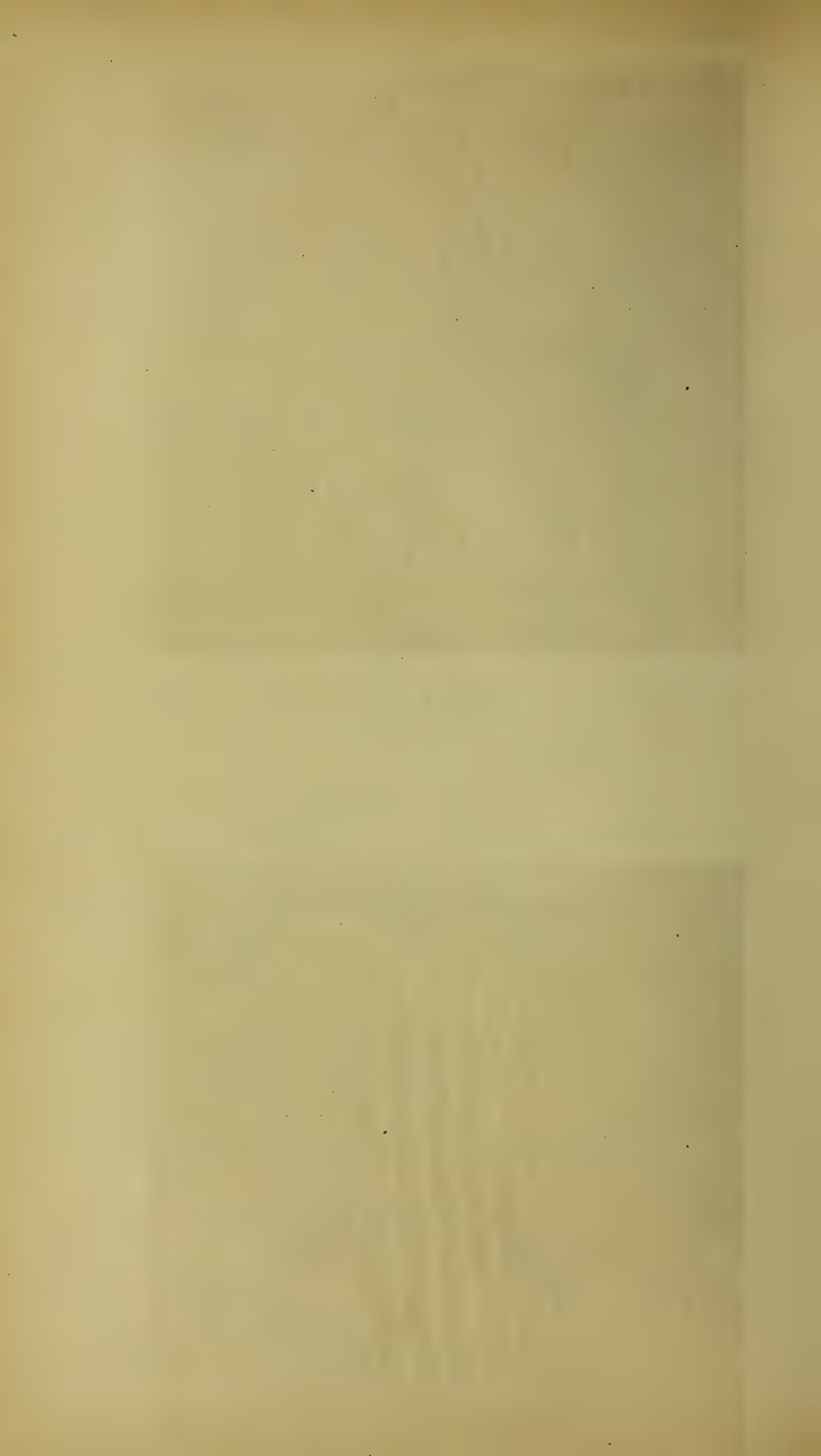


Fig. 1.

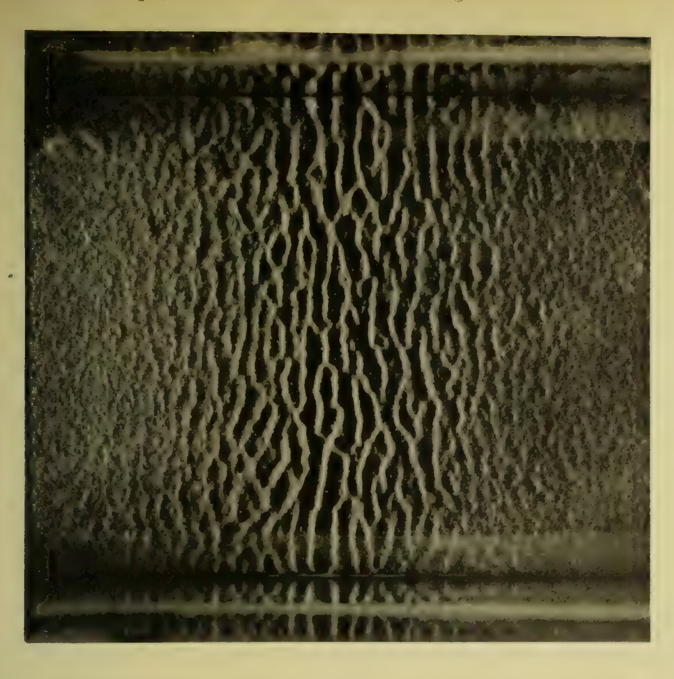
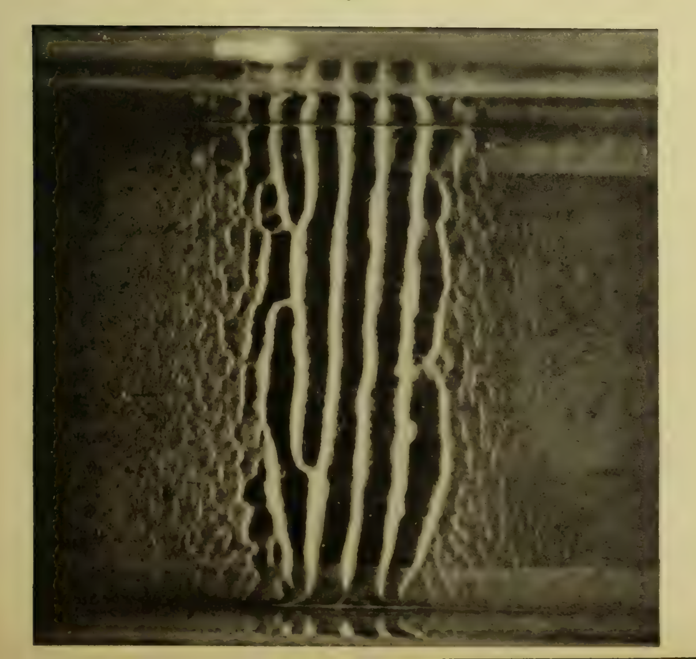


Fig. 2.



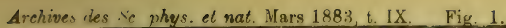


Fig. 1.

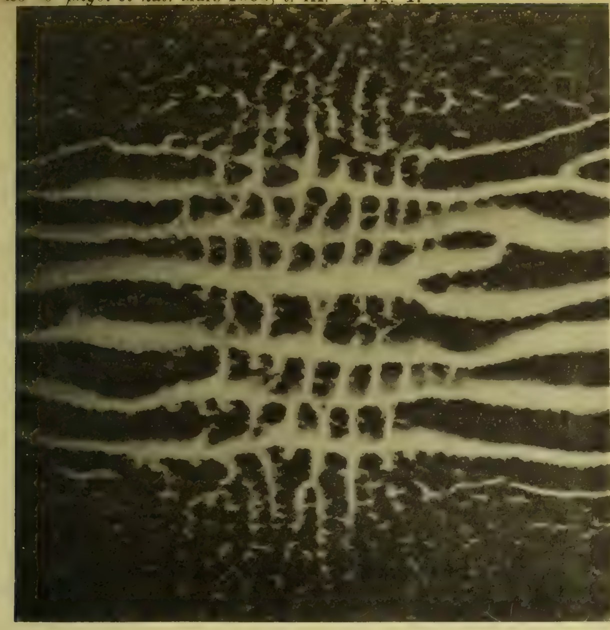
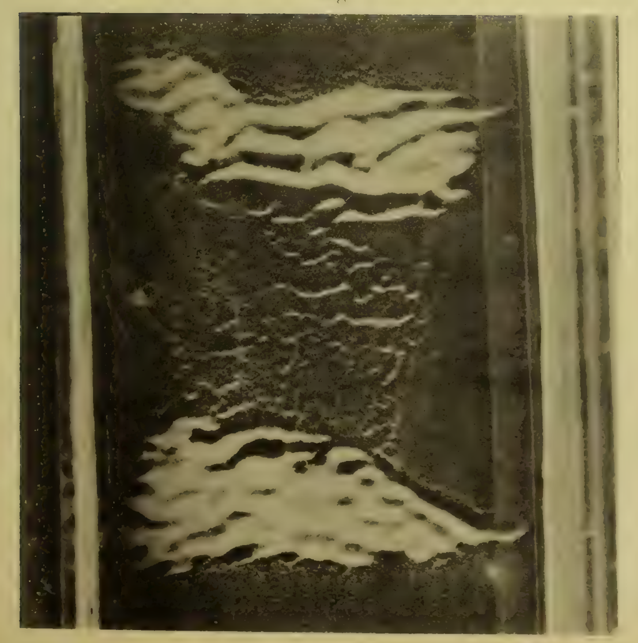


Fig. 2.



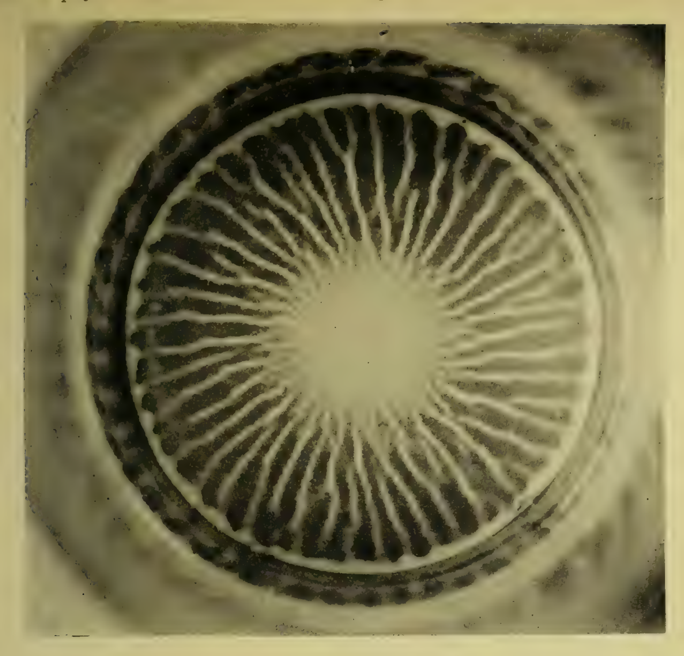


Fig. 2.

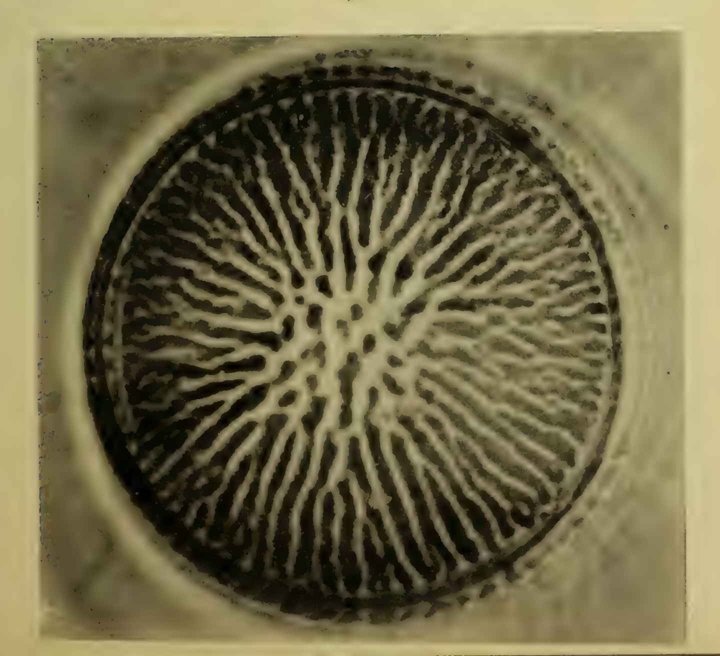


Fig. 1.

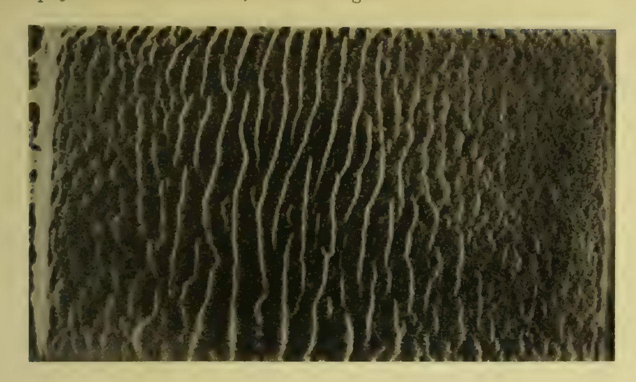
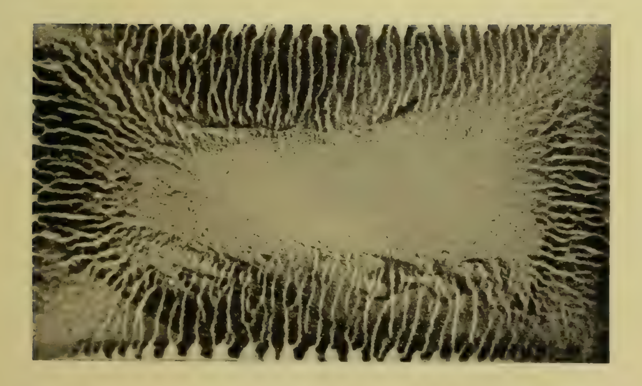


Fig. 2.



DÉTERMINATION

DE LA

CAPACITÉ ABSOLUE DE QUELQUES CONDENSATEURS

EN MESURE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE

PAR

M. SCHNEEBELI
Professeur à l'École polytechnique de Zurich.

(Note communiquée par l'auteur.)

Dans le courant des dernières années, j'ai été amené à faire à plusieurs reprises des déterminations absolues sur la capacité de condensateurs. Dans ce qui suit, je veux donner un rapide aperçu des méthodes employées et des résultats obtenus.

Une méthode assez connue pour la détermination absolue de la capacité d'un condensateur consiste dans le procédé suivant : Le condensateur en question est chargé par une source électrique quelconque; puis on le décharge à travers une résistance très grande et connue W, en observant dans des intervalles de temps déterminés la diminution du potentiel de l'armature du condensateur.

Soient P_1 et P_2 les valeurs du potentiel de l'armature dans les moments t_1 et t_2 après le commencement de la décharge, on obtiendra la capacité du condensateur :

$$C = \frac{t_2 - t_1}{W \log \frac{P_1}{P_2}}$$

N'ayant pas à ma disposition une résistance exacte de plusieurs millions d'Ohms, j'ai procédé à la détermination absolue de la capacité par deux autres méthodes plus appropriées, ce me semble, à des déterminations de ce genre.

Le procédé que j'ai employé pour déterminer la capacité absolue d'un condensateur est en résumé le suivant : On mesure 1° la quantité d'électricité e qui, passant par un galvanomètre donné, détermine une déviation d'une division de l'échelle. Puis le condensateur est chargé par une force électro-motrice connue P et déchargé ensuite en passant par le même galvanomètre qui indiquera une déviation de x subdivisions de l'échelle.

Nous en déduisons :

$$PC = ex$$

d'où

$$C = \frac{ex}{P}$$

Pour la détermination de e, nous avons procédé par deux méthodes essentiellement différentes :

1° Avec l'aide de l'induction voltaïque, en comprenant dans cette méthode le procédé que M. H.-F. Weber indiqua pour ses bobines d'induction bien connues.

2° Avec l'aide de l'induction terrestre.

I. AVEC L'INDUCTION VOLTAÏQUE

Théorie de la méthode.

Si l'on ouvre ou ferme un circuit, un courant intégral prend naissance dans le circuit voisin fermé.

$$\int i dt = \frac{\text{Po Jo}}{w}$$

Si l'on désigne par

Po = Le potentiel électro-dynamique réciproque des deux circuits, l'un sur l'autre.

Jo = L'intensité du courant dans le circuit inducteur.

w = La somme des résistances dans le courant induit.

Ce courant intégral produira sur un galvanomètre, intercalé dans le circuit induit, une déviation de a, subdivisions de l'échelle.

La quantité d'électricité qui produirait une déviation d'une division de l'échelle sera donc :

$$e = \frac{\text{Po Jo}}{w . a}$$

d'où

$$C = \frac{\text{Po Jo } x}{w . a . \text{P}}$$

Pour nos déterminations, nous employions deux spires de forme circulaire que M. H.-F. Weber avait enroulées et mesurées auparavant pour ses recherches.

Détermination de Po. Les deux spires sont dressées coaxialement et parallèlement.

Nous désignons alors par :

D = La distance du milieu des deux spires,

R_1 = Le rayon moyen de la première spire,

N_1 = Le nombre de tours de la première spire,

R_2 = Le rayon moyen de la seconde spire,

N_2 = Le nombre de tours de la seconde spire.

Il en résulte que si les distances sont suffisamment grandes et si les dimensions des sections des espaces remplis par les spires sont petites, l'expression pour le potentiel électro-dynamique des deux spires sera :

$$P = N_1 N_2 P_1 . \qquad \text{I}$$

Dans cette équation P_1 est posé comme abréviation pour

$$P_1 = 4\pi \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{k} \left\{ (2-k) F\left(k \frac{\pi}{2}\right) - 2 E\left(k \frac{\pi}{2}\right) \right\} \qquad \text{II}$$

$F\left(k\frac{\pi}{2}\right)$ et $E\left(k\frac{\pi}{2}\right)$ représentent les deux intégrales elliptiques du premier et second degré.

$$F\left(k \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2} \left\{ 1 + \frac{1^2}{2^2} k^2 + \frac{1^2 . 3^2}{2^2 . 4^2} k^4 + \frac{1^2 . 3^2 . 5^2}{2^2 . 4^2 . 6^2} k^6 + \right\}$$

$$E\left(k \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\pi}{2} \left\{ 1 - \frac{1^2}{2^2} k^2 - \frac{1^2 . 3}{2^2 . 4^2} k^4 - \frac{1^2 . 3^2 . 5}{2^2 . 4^2 . 6^2} k^6 - \right\}$$

$$k = \sqrt{\frac{4 R_1 R_2}{D^2 + (R_1 + R_2)^2}}$$

Comme exemple, je choisis parmi les différentes séries la position suivante des deux bobines :

$D = 454{,}82^{\text{mm}}$

$R_1 = 152.36$ $\qquad$ $R_2 = 152{,}37$

$N_1 = 644$ $\qquad$ $N_2 = 643$

d'où je calcule

$$k = 0{,}5566170$$

et si l'on poursuit jusqu'au septième terme des séries, l'on obtient enfin

$$P_0 = 35053000 \left\{ mm^1 \right\}$$

Autre détermination de Po. Pour raison de commodité, M. H.-F. Weber calcula autrefois la valeur du potentiel électro-dynamique réciproque pour les deux bobines susnommées pour le cas où elles seraient placées coaxialement directement l'une sur l'autre. Dans ce cas, où la valeur de D est petite, les deux intégrales elliptiques seront développées par l'introduction du module complémentaire k', qui est lié à k par l'équation ci-dessous :

$$k'^2 = 1 - k^2$$

et ensuite l'intégration est étendue aux deux espaces remplis de spires.

En cela l'on tient compte :

1° Que considérée exactement, l'intégration doit être remplacée par une sommation, et

2° que le fil enroulé sur les spires est recouvert de matière isolante.

Le potentiel spécifique des deux bobines dans cette position fut calculée à

$$Po = o{,}\ 0946 . 10^{10} \left\{ mm^1 \right\}$$

Notre laboratoire est de cette façon devenu possesseur d'un appareil qui permet de représenter dans chaque

moment, avec une grande exactitude, un potentiel spécifique connu.

Détermination de Jo. La détermination de l'intensité du courant dans le circuit inducteur eut lieu de la façon connue par le moyen d'une boussole de tangentes à miroir à un seul fil. Il n'est pas nécessaire d'ajouter rien de plus sur ce point. Le courant dans le circuit inducteur ne fut pas seulement interrompu et rétabli, mais il fut renversé, de sorte que les déviations dans la boussole des tangentes et dans le galvanomètre furent doublées.

Suivant la distance des bobines, l'on choisit des intensités de courant entre :

$$o,7 \text{ et environ } 2 \left\{ \frac{mm^{1/2}\ mgr^{1/2}}{sec^1} \right\}$$

Détermination de W. La valeur absolue de la résistance fut déterminée par la multiplication de la résistance mesurée en unités de mercure par le nombre :

$$o,955.10^{10} \left\{ \frac{mm^1}{sec^1} \right\}$$

Détermination de a *et* x. Il s'entend de soi que les lectures de l'échelle a et x furent réduites en sinus de demi-arc, de même aussi que pour la détermination de Jo les lectures de l'échelle furent réduites en tangentes et mesures exactes (millimètre de notre cathétomètre).

Détermination de P. Comme force électro-motrice de charge, on emploie un élément Daniell, chargé avec les solutions suivantes :

Sulfate de cuivre, poids spécifique 1,15.
» » zinc, » » 1,15.

Cette combinaison donne, suivant Weber, une force électro-motrice de :

$$P = 11{,}06 . 10^{10} \left\{ \frac{mm^{2}/_{3}\ mgr^{1}/_{2}}{sec^{2}} \right\}$$

Les déterminations de la capacité de notre condensateur d'ébonite en mesure électro-magnétique absolue donnèrent, réduites à la température de 22 degrés :

1° Avec les bobines placées coaxialement et parallèlement à des distances assez grandes :

$$C = o, 9651 . 10^{-16} \left\{ \frac{sec^{2}}{mm} \right\}$$

2° Avec les bobines coaxiales superposées :

$$C = o, 9637 . 10^{-16} \left\{ \frac{sec^{2}}{mm} \right\}$$

II. AVEC L'INDUCTION TERRESTRE.

Une méthode simple et expéditive pour la détermination de la capacité d'un condensateur ou plutôt de la valeur *e* est basée sur l'induction terrestre.

Théorie de la méthode.

Si l'on fait pivoter de 180° autour de son axe vertical la bobine d'un inducteur terrestre placée perpendiculairement au méridien magnétique, il se produira par ce fait

dans le circuit dans lequel elle se trouve un courant intégral dont l'expression est

$$\int idt = \frac{2\,\mathrm{HF}}{\mathrm{W}}$$

où nous désignons par :

H = La composante horizontale du magnétisme terrestre.
F = La surface d'enroulement de l'inducteur terrestre.
W = La résistance totale du circuit.

Si ce courant intégral agit sur un galvanomètre à miroir se trouvant intercalé dans le circuit, il produira une déviation de a subdivisions de l'échelle. Afin que le galvanomètre n'indique qu'une subdivision de l'échelle, il faudrait qu'il n'y passe qu'une quantité d'électricité de

$$e = \frac{2\,\mathrm{HF}}{\mathrm{W}a}$$

D'où, ainsi que nous l'avons vu plus haut :

$$\mathrm{C} = \frac{2\,\mathrm{HF}x}{\mathrm{W}a\mathrm{P}}$$

Si nous désignons par x la déviation du galvanomètre sous l'influence du courant de décharge du condensateur qui avait été chargé par le potentiel P.

RÉSULTATS

L'inducteur terrestre fut construit dans l'atelier de mécanique de notre Institut de physique.

Son multiplicateur est formé de 678 tours sur 18 rangs avec un diamètre moyen de $269^{mm},38$.

La somme totale des surfaces entourées par les spires, calculée pour chaque rang, comporte $F=38,662.10^{6 mm^2}$.

La détermination de la résistance du Multiplicateur donne à la température de 24°,8 la valeur de 60,15 unités de mercure.

Le galvanomètre employé pour les déterminations est le galvanomètre à miroir susmentionné avec aiguilles astatiques et résistance de 2918 unités de mercure à la température de 17°,7.

Je n'ai rien de plus à ajouter pour la détermination des valeurs W, a, P, x et je renvoie simplement à ce que j'ai dit plus haut. La composante horizontale du magnétisme terrestre fut mesurée de la manière habituelle.

La valeur de la capacité de notre condensateur d'ébonite, déterminée d'après la méthode ci-dessus, donne à la température de 22°.

$$C = 0,9662.10^{-16} \left\{\frac{sec^2}{mm}\right\}$$

En moyenne, il ressort donc de toutes ces expériences que la capacité de notre condensateur étalon est à la température de 22°.

$$C = 0,9650 \text{ microfarads.}$$

D'après les deux méthodes décrites ci-dessus, j'ai déterminé également la capacité d'un autre condensateur de notre Institut de physique, qui a été fabriqué par Berthoud, Borel et Cie à Cortaillod (Suisse). Sa capacité est de 0,396 microfarads.

Dernièrement, j'ai comparé avec ce condensateur un certain nombre d'autres condensateurs, dont quelques-uns ont été mis à ma disposition par la Direction des télégraphes suisses. Voici les résultats obtenus :

	$t = 20°$	
	Valeur nominale:	Valeur réelle :
Condensateur de Eliott....	1,000 microf.	1,042 microfarad.
Condensateur de Clark....	1,000 »	1,045 »
Condensateur de Siemens brothers..............	1,49 »	1,475 »
Condensateur étalon de Berthoud, Borel et Cie......	1,018 »	1,016 »

SUR
LE THERMOMÈTRE A AIR

ARRANGÉ EN VUE DE LA DÉTERMINATION DE TEMPÉRATURES ÉLEVÉES

REVENDICATION DE PRIORITÉ

PAR

M. H. SCHNEEBELI [1]
Professeur à l'École polytechnique de Zurich.

Dans le numéro 9 de l'année 1882 de ce journal, j'ai décrit un nouvel arrangement du thermomètre à air en vue de la détermination de températures élevées pour la pratique. Déjà en automne 1881 j'étais occupé avec cet appareil (pour moi appareil auxiliaire pour des recherches dans un autre domaine) et beaucoup d'expériences furent faites encore dans le courant de l'année 1881.

C'est à la fin de l'année 1881 ou au commencement du mois de janvier 1882 que notre Institut de physique reçut la visite de M. le Dr Paul Schoop, alors employé dans les usines de Roll (Jura). Il venait, comme il le dit à mon collègue H.-F. Weber et à moi, pour s'enquérir auprès de nous sur les meilleures formes de thermomètres pratiques pour mesurer de hautes températures. Nous lui causâmes des différents systèmes applicables, de leurs

[1] *Archives*, 15 septembre 1882, t. VIII, p. 244.

avantages et de leurs inconvénients, etc., et je lui montrai alors mon arrangement que j'avais monté dans mon laboratoire particulier. Je lui expliquai les fonctions de l'appareil et lui démontrai les précautions à observer pour arriver à des déterminations exactes. M. le Dr P. Schoop nous quitta en nous remerciant pour les éclaircissements que nous lui avions donnés.

A mon grand étonnement, je viens de lire la description d'un brevet allemand, n° 20345 de M. Schoop, daté du 4 février 1882 et publié le 12 janvier 1883, et qui contient une description rigoureusement exacte de l'arrangement thermométrique, tel qu'il l'avait vu fonctionner dans notre laboratoire longtemps avant la date de son brevet!

Je me borne à constater ces faits! Les lecteurs de ce journal comprendront, d'après ce qui précède, les rapports qui existent entre mon article de l'année passée et le brevet de M. le Dr P. Schoop.

Zurich, École polytechnique, mars 1883.

LA GRANDE COMÈTE DE SEPTEMBRE 1882

PAR

M. Raoul GAUTIER

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 1er février 1883.

La première nouvelle de l'existence de la magnifique comète qui a brillé à notre ciel le matin pendant tout l'automne, a été apportée en Europe, le 14 septembre, par un télégramme de M. Cruls, directeur de l'Observatoire de Rio de Janeiro, qui l'avait vue le 11 septembre. Pendant un certain temps on l'a appelée de ce fait comète Cruls, mais plus tard on apprit qu'elle avait été observée déjà auparavant en plusieurs points de l'hémisphère austral : M. Gould, directeur de l'Observatoire de Cordoba avait été informé de l'apparition de ce nouvel astre dès le matin du 5 septembre; M. Finlay, au Cap de Bonne Espérance, l'avait aperçu le 7 septembre, et en Australie plusieurs astronomes avaient aussi découvert la comète le 8 septembre.

Malheureusement ce n'est que très tard que l'on a eu connaissance en Europe de ces premières observations et l'on n'a pu commencer à en faire dans l'hémisphère nord qu'à partir du 17 septembre. Depuis lors, toutes les fois que le temps, fort mauvais durant l'automne, l'a permis,

la comète a été suivie dans la plupart des observatoires d'Europe et d'Amérique.

Les premiers éléments de l'orbite de la comète ont été déduits par M. Krueger[1] de trois observations méridiennes faites à Coïmbra les 17, 18 et 19 septembre, mais ces éléments ne pouvaient être encore que très approximatifs et le premier système d'éléments un peu exact a été calculé par M. Oppenheim[2] sur des observations des 17 septembre (Dun Echt), 19 septembre (Coïmbra) et 28 septembre (Vienne).

Éléments Oppenheim.

$$\begin{array}{rl} T = & 1882 \text{ Septembre } 17.2686 \text{ (T. M. Berlin).} \\ \pi = & \left.\begin{array}{r} 54°49'\ 0'' \\ 345\ 43\ 24 \\ 141\ 47\ 58 \end{array}\right\} \begin{array}{c}\text{Équinoxe moyen} \\ 1882.0\end{array} \\ \Omega = & \\ i = & \\ \log q = & 7.88036 \end{array}$$

Dès que l'orbite eut été ainsi déterminée, on rechercha si elle ne rappelait pas celles d'autres comètes anciennement observées, et on trouva en effet que ses éléments ressemblaient à ceux des comètes de 1843 et 1880. J'emprunte ceux-ci au mémoire de M. le Dr Meyer sur la grande comète australe de février 1880.

	1880			1843	
$\Omega =$	356°18′34″		$\Omega =$	355°15′49″	
$\pi =$	74 14 0	1880.0	$\pi =$	72 59 47	1843.0
$i =$	143 7 50		$i =$	143 1 31	
$\log q =$	7.771385		$\log q =$	7.839478	

On voit aisément, en comparant ces différents systèmes

[1] *Astron. Nachrichten*, n° 2459.
[2] *Astron. Nachrichten*, n° 2459.

d'éléments, qu'une assimilation de la comète de 1882 à celles de 1843 et 1880 se présentait naturellement à l'esprit. Cependant cela supposait une diminution, difficile à admettre, de la durée de la révolution, de 37 ans à 2 ans et 8 mois ; puis la différence de 20° environ dans la longitude du périhélie était aussi bien considérable ; enfin l'apparence extérieure des comètes de 1880 et 1882 a été très dissemblable. Aussi peut-on conclure avec M. Weiss, directeur de l'Observatoire de Vienne, qui s'est occupé de la discussion de cette hypothèse[1], et qui croit d'ailleurs fermement à l'identité des comètes de 1843 et 1880, que la comète de septembre n'est pas un retour hâté de la précédente.

Si l'on retourne plus loin en arrière, on rencontre la comète de 1668 qui avait présenté quelques-unes des apparences de celle de 1843 et que l'on avait à cette époque considérée comme une ancienne apparition de la comète de 1843. M. Weiss a essayé, au moyen des éléments de l'orbite de la comète de septembre 1882, de représenter les observations de la comète de 1668 faites à Goa par Gottignies. Ses résultats ne sont pas très favorables à l'hypothèse de l'identité des deux astres, car les observations de 1843 ne sont représentées par son calcul qu'à 1° ou 2° près. M. Weiss conclut donc plutôt aussi à la non-identité des comètes de 1668 et de 1882, et d'après les travaux ultérieurs faits sur cette comète, nous verrons que c'est bien la conclusion la plus probable.

Si l'on examine les éléments ci-dessus de la grande comète de septembre, on voit que ce qui la caractérise le plus particulièrement, de même que celles de 1880 et

[1] *Astron. Nachrichten*, n° 2465.

1843, c'est qu'elle a passé à une très petite distance de la surface du soleil, moins près cependant que celle de 1880.

D'après des calculs plus exacts, dont je rendrai compte tout à l'heure, on a trouvé pour la distance périhélie de la comète la valeur : 0.007753 en unité de la distance moyenne de la terre au soleil, soit 1151000 kilomètres ou 26′39″.2. Le rayon du soleil étant de 16′1″.2, soit 0.004660 ou 692000 kilomètres, on voit que la comète a passé à une distance de la surface du soleil =10′38″.0 =0.003093= environ 459000 kilomètres. En raison de la petitesse de cette distance périhélie, la comète a dû faire le tour complet du soleil, c'est-à-dire décrire 180° d'anomalie vraie dans l'espace de moins de 3 ½ heures.

L'aspect de la grande comète a été très remarquable; tous ceux qui l'ont vue peu après le moment de son passage au périhélie, sont unanimes à constater le spectacle grandiose qu'elle présentait. On l'a distinctement aperçue à l'œil nu en plein jour, particulièrement les 17 et 18 septembre, après son passage au périhélie. Il est même arrivé, phénomène inconnu jusqu'alors, que l'on a pu observer la comète le 17 septembre au moment où elle a atteint le disque du soleil. M. Gould à Cordoba a constaté le phénomène, mais n'a pas indiqué le temps précis du contact. Plus heureux que lui, MM. Finlay et Elkin, au Cap de Bonne Espérance, ont pu noter l'instant exact où la comète a disparu dans les rayons du soleil. Quoique la comète ait passé entre la terre et le soleil, ils n'ont pu apercevoir aucune tache sur le disque solaire pendant qu'elle opérait son passage.

Les caractères physiques de la grande comète ont aussi présenté une foule de particularités intéressantes.

Le noyau de la comète offrait, avant le passage au périhélie, l'aspect d'une masse nébuleuse assez diffuse ayant, le 8 septembre, l'éclat d'une étoile de troisième grandeur. Il augmenta graduellement d'intensité jusqu'au 17 septembre, jour où M. Finlay le vit encore très distinctement à travers un verre noir, au moment où la comète se trouvait en même temps que le soleil dans le champ de sa lunette. A ce moment, M. Finlay attribue au noyau un diamètre de 5″.

Après le passage au périhélie, les observateurs purent constater peu à peu des changements dans l'apparence du noyau. Vers la fin du mois de septembre, sa forme était encore approximativement circulaire, puis il tendit à s'allonger dans la direction du soleil et, dès les premiers jours d'octobre, on vit se former plusieurs points de condensation de la matière cométaire.

La plupart des observateurs ne constatèrent l'existence que de deux noyaux principaux, distants de 25″ à 30″, et dont le plus rapproché du soleil était le plus lumineux. Mais les astronomes favorisés d'un ciel particulièrement pur, ou munis de plus forts instruments, aperçurent non seulement deux, mais trois et même un plus grand nombre de condensations lumineuses dans la masse allongée du noyau. Vers la fin d'octobre, le noyau avait atteint une longueur d'environ 1′, sur une largeur de 5″ à 8″, mais il n'y a pas eu dislocation et formation de deux nébulosités distinctes, comme cela était arrivé en 1846 à la comète de Biela. D'après les dernières informations, le noyau présenterait toujours la même apparence allongée avec plusieurs points lumineux.

Le 7 février, M. Schmidt, à Athènes, a encore aperçu la comète à l'œil nu et l'on peut fort bien espérer que

l'on obtiendra des observations pendant le mois d'avril, grâce aux puissants instruments dont disposent quelques observatoires.

Les observations spectroscopiques du noyau de la comète ont aussi été fort intéressantes. Nous n'en avons que de la période postérieure au moment du passage au périhélie, et voici en résumé les résultats obtenus :

Le 18 septembre, M. Thollon, à Nice, constatait, outre un spectre continu très brillant, la raie du sodium excessivement nette et brillante, pendant que les bandes ordinaires des spectres de comètes, qui correspondent aux raies des hydrocarbures, faisaient totalement défaut. Peu après, MM. Ricco à Palerme et Cruls à Rio de Janeiro confirmaient l'existence de la raie D, mais constataient aussi la présence des bandes des hydrocarbures, quoique faibles encore. Celles-ci ne cessèrent de croître en intensité pendant la fin de septembre et le mois d'octobre, tandis qu'inversément la raie du sodium diminuait par degrés et disparaissait enfin tout à fait à la fin d'octobre. A ce moment, les raies des hydrocarbures subsistaient seules.

Des expériences faites à Poulkowa, en juin 1882, par M. Hasselberg, à propos de phénomènes semblables observés sur la comète Wells, tendraient à prouver que la lumière des comètes est en grande partie due à des décharges électriques dans l'intérieur du noyau.

La chevelure de la comète qui, au moment du maximum d'éclat, avait une couleur jaune bien accentuée, a présenté dans son spectre les mêmes apparences que le noyau. Les raies du sodium et des hydrocarbures y ont apparu successivement et ont subi les mêmes alternatives que dans le spectre du noyau, avec un degré d'intensité moindre.

La queue de la comète a été remarquablement brillante, beaucoup plus que celles de la généralité des comètes. Elle était légèrement incurvée, tournant sa convexité au sud, c'est-à-dire du côté de l'horizon, et était beaucoup mieux définie de ce côté-là que du côté nord, où elle était assez diffuse et aussi moins lumineuse. On a pu constater l'existence d'une bande plus obscure qui, partant du noyau, suivait toute la longueur de la queue, la partageant en deux bandes brillantes : celle du sud plus étroite que celle du nord. La longueur de la queue a été estimée diversement suivant les climats et aussi suivant l'époque. Son maximum d'éclat a coïncidé avec la fin de septembre et le commencement d'octobre. A ce moment elle mesurait 15° de longueur. Contrairement à ce que l'on observe généralement, l'extrémité de la queue était assez nettement marquée.

Outre cette brillante queue principale, il s'est formé autour de la comète, à partir des derniers jours de septembre, d'autres appendices ou queues accessoires qui ont été particulièrement étudiés par MM. Schmidt, à Athènes, Barnard, à Nashville, et Schwab, sur mer, entre St-Vincent et Puntas Arenas. Une queue secondaire, partant du noyau, mais faisant un petit angle avec la queue principale, se prolongeait du côté nord de celle-ci et atteignait à peu près la même longueur. Cette queue secondaire ne se terminait pas autour du noyau, mais continuait jusqu'à une certaine distance dans la direction du soleil et formait même parfois une sorte de halo en avant de la chevelure. Cette portion de la queue secondaire a été observée par plusieurs astronomes : MM. Tempel (Florence), Ricco (Palerme), Stevenson (Aukland), Schiaparelli (Milan), etc.

M. Schmidt a encore observé des deux côtés de la comète de faibles bandes lumineuses qu'il suppose être les traces d'une vaste enveloppe cylindrique très ténue entourant toute la comète.

M. Barnard a aperçu le 14 octobre quelques nébulosités allongées du côté sud de la comète. M. Brooks, à Phelps, près de New-York, a vu quelque chose de semblable le 21 octobre, et il est probable que ces nébulosités sont en connexion avec un autre phénomène observé déjà quelques jours auparavant par M. Schmidt.

Dans la nuit du 9 octobre, M. Schmidt aperçut, en effet, une masse nébuleuse non loin de la comète. Il en fit le dessin et détermina sa position. Il la revit le 10 et le 11 octobre, détermina de nouveau ses positions, mais le 10 ne put faire qu'un simple pointage sur une carte. Le 12 octobre et les jours suivants, il lui fut impossible de l'apercevoir de nouveau. Malgré l'incertitude d'une des positions données, MM. Oppenheim et Hind n'en ont pas moins calculé les éléments de cette nouvelle masse cométaire et ont obtenu les résultats suivants :

	Éléments Oppenheim [1].		*Éléments Hind* [2].
T =	Sept. 24.442 (T. M. Berlin).		Sept. 24.1284
π =	92°45′	1882.0	232°22′
☊ =	344 35	1882.0	354 51
i =	151 10	1882.0	150 18
log q =	7.96698		8.26678

Ces éléments présentent une certaine analogie avec ceux de la grande comète, et il est bien probable que

[1] *Astron. Nachrichten*, n° 2466.
[2] *Observatory*, décembre 1882.

cette faible comète télescopique n'est autre qu'une portion de la comète principale qui se sera séparée à peu près au moment du passage au périhélie et qui suit depuis lors son orbite spéciale.

Si maintenant nous récapitulons tous ces faits : d'abord la grande intensité lumineuse de la queue, puis la déformation du noyau en une nébulosité allongée où l'on a constaté plusieurs maxima, la formation de queues ou enveloppes secondaires et enfin l'existence de cette comète voisine, probablement laissée en route par la grande comète sous l'action d'une force à nous inconnue, nous en conclurons nécessairement que la comète, à son passage au périhélie, a subi une forte perturbation physique. De là à supposer que le mouvement de la comète dans son orbite avait aussi subi une perturbation, il n'y avait qu'un pas et cette hypothèse pouvait fort bien se justifier.

Nous avons vu, en effet, que la comète a passé à une très faible distance de la surface du soleil. Or, les noyaux des comètes, quoique d'une substance probablement beaucoup moins ténue que celle de leurs queues, sont cependant, suivant toutes les probabilités, incomparablement moins denses que tous les autres corps connus de notre système solaire.

Il suffirait donc d'un milieu faiblement résistant pour que le mouvement de la comète pût être modifié. En fait de milieu résistant, nous ne connaissons un peu que la portion de l'atmosphère du soleil qui se manifeste comme couronne solaire dans les éclipses totales. Cette couronne solaire se compose de deux couches superposées : la plus voisine du soleil, plus brillante et conséquemment plus dense, s'étend au plus à 7′ ou 8′ de la surface du soleil ; la seconde couche, infiniment plus ténue, s'étend,

suivant les observateurs, à 10′ ou 20′ du soleil. Or, je le rappelle, la comète a passé à plus de 10′ ½ de la surface du soleil, elle n'a donc traversé la couronne solaire que dans sa partie la moins dense et il n'est pas possible d'établir *à priori* si elle a pu y subir une perturbation dans son mouvement.

Pour s'en assurer, le plus simple est de consulter les calculs faits et de comparer les éléments de l'orbite basés, d'une part sur des observations antérieures au passage au périhélie et d'autre part sur des observations postérieures à ce passage. Pour la seconde moitié de l'orbite, on possède de nombreux systèmes d'éléments, outre ceux de M. Oppenheim mentionnés plus haut, éléments paraboliques et éléments elliptiques avec une excentricité peu différente de l'unité.

Pour la période antérieure au passage au périhélie, il n'existait qu'un système d'éléments déduit par M. White de 3 observations faites à Melbourne les 9, 13 et 16 septembre.

Éléments White[1].

$$
\begin{aligned}
T &= \text{Sept. } 17.212 \text{ (T. M. Berlin).} \\
\pi &= 275^\circ 12' \\
\Omega &= 353 \;\; 38 \\
i &= 141 \;\; 50 \\
\log q &= 7.6906
\end{aligned}
$$

Ce système d'éléments est assez différent de ceux que l'on a basés sur des observations postérieures au passage au périhélie, et il m'a paru qu'il serait intéressant de reprendre à nouveau ce calcul et de rechercher un système d'éléments qui représente aussi complètement que

[1] *Astron. Nachrichten*, n° 2470.

possible les observations faites avant le passage au périhélie.

Ces observations, faites du 8 au 17 septembre, sont au nombre de huit seulement : une du Cap, deux de Windsor (New S. Wales) et cinq de Melbourne. — Je n'ai pas pu employer l'observation si intéressante de MM. Finlay et Elkin, lors de la disparition de la comète dans les rayons du soleil, parce qu'ils n'indiquent pas le point exact du disque solaire où le contact a eu lieu. Je n'ai pas pu utiliser non plus les observations faites le 17 septembre par M. Common à Ealing près de Londres, parce qu'elles ne sont pas suffisamment détaillées.

J'ai corrigé ces huit observations de l'effet de la parallaxe et de l'aberration et les ai rapportées à l'équinoxe moyen 1882.0. Puis me basant sur les trois observations

Windsor,	septembre	8
Melbourne,	»	13
»	»	16

j'ai cherché les éléments paraboliques qui les représentent le mieux. Vu la petitesse de la distance périhélie et conséquemment des rayons vecteurs de la comète, surtout au troisième lieu, ce n'est qu'en faisant varier le rapport des distances de la comète à la terre aux deux lieux extrêmes, que j'ai pu obtenir des éléments représentant suffisamment bien le lieu moyen. Voici les deux derniers systèmes d'éléments auxquels je suis arrivé :

	I		II	
$T =$	1882 Sept. 17.26074 (T. M. Berlin).		Sept. 17.26378	
$\pi =$	55°31′ 25″.1	Équinoxe moyen 1882.0	55°32′ 33″.9	1882.0
$\Omega =$	346 0 27 .3		346 6 16 .4	
$i =$	141 59 26 .0		141 59 47 .0	
$\log q =$	7.888165		7.897894	

Ils représentent le lieu moyen en laissant les différences suivantes dans le sens observation — calcul :

I	II
$d\lambda = -7''.5$	$d\lambda = +0''.4$
$d\beta = -5.3$	$d\beta = -1.0$

Or MM. Finlay et Elkin, se fondant sur trois observations du Cap des 17, 22 et 28 septembre, observations immédiatement postérieures au passage au périhélie, ont obtenu le système d'éléments suivant[1]:

$$\begin{aligned} T &= \text{Sept. } 17.2614 \\ \pi &= 55°31'43'' \\ \Omega &= 345\ 59\ 35 \\ i &= 141\ 58\ 59 \\ \log q &= 7.888881 \end{aligned} \quad \left.\begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix}\right\} \text{Équinoxe moyen 1882.0}$$

Si l'on compare ces éléments à ceux que j'ai obtenus on sera certainement frappé de leur ressemblance et l'on y verra une raison de croire que la comète n'a pas subi de perturbations dans son mouvement, lors de son passage au périhélie.

Les calculs dont je viens de rendre compte étaient déjà assez avancés, lorsque j'ai eu connaissance d'un travail très intéressant publié par M. Kreutz dans les *Astron. Nachrichten* (N° 2482). Partant d'éléments paraboliques donnés par M. Chandler de Washington, M. Kreutz a formé 9 lieux normaux, comprenant un grand nombre d'observations faites du 8 septembre au 14 novembre, et il est arrivé au système d'éléments elliptiques suivant, qui répond le mieux à l'ensemble de ces lieux normaux

[1] *Monthly Notices*, XLIII, n° 1.

et représente d'une façon très satisfaisante les positions de la comète dans les deux moitiés de son orbite.

Éléments Kreutz.

T	= Sept. 17.26117 (T. M. Berlin).	
π	= 55° 37′ 28″.7	Équinoxe moyen 1882.0
☊	= 346 1 27 .2	
i	= 141 59 40 .1	
log q	= 7.889476	
log e	= 9.999961	
a	= 89.24	
Révolution	= 843.1 années.	

Ces éléments ne diffèrent pas sensiblement, sauf l'introduction d'une excentricité, de ceux auxquels j'étais arrivé. Comme ils satisfont aussi bien à des observations antérieures au passage au périhélie, qu'aux observations qui lui sont postérieures, M. Kreutz arrive de son côté à la conclusion que la comète n'a pas subi de modification dans son mouvement lors de son passage au périhélie.

J'ajoute que les éphémérides basées sur ces éléments Kreutz représentent d'une façon très satisfaisante les observations faites dans les mois de février et de mars 1883.

Jusqu'ici je n'avais pas tenu compte dans mes calculs de l'excentricité de l'orbite de la comète, excentricité démontrée pour la seconde moitié de cette orbite par les résultats obtenus par MM. Chandler et Kreutz, puis par MM. Frisby et Morrison. — M. Frisby [1] en se fondant sur des observations de Washington des 19 septembre, 8 octobre et 24 novembre, a trouvé une valeur de 793,7 années pour la durée de la révolution. M. Morrison [2] en

[1] *Astr. Nachr.*, n° 2482.

[2] *Observatory*, février 1883.

prenant pour base les mêmes deux premières observations et une troisième du 11 décembre a trouvé pour la même quantité la valeur de 652.5 années.

Il me restait donc encore à introduire l'excentricité dans mes éléments déduits des observations antérieures au passage au périhélie et j'ai suivi pour cela la méthode donnée par M. Oppolzer dans le vol. II de son « Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, » p. 507.

Les observations étaient en si petit nombre que je n'ai pas pu former de véritables lieux normaux. J'ai dû les employer toutes les huit séparément, et dans l'ignorance de leur valeur respective je leur ai attribué le même poids.

Pour la plus grande facilité du calcul, j'ai partout transformé les ascensions droites et déclinaisons en longitudes et latitudes, et voici les valeurs des huit positions rapportées à l'équinoxe moyen de 1882.0 et corrigées de la parallaxe et de l'aberration, en me servant des distances à la terre données par le système II d'éléments paraboliques :

Observatoire.		Date de l'observ. en temps moyen de Berlin.	Longitude	Latitude.
1 Windsor.	Sept.	8.358092	146° 54′ 14″.11	—14° 20′ 43″,50
2 Cap.		8.697339	147 35 34.57	—14 5 8.21
3 Melbourne.		9.353621	148 58 36.08	—13 33 2.62
4 Windsor.		9.354692	148 58 56.11	—13 32 55.27
5 Melbourne.		13.362864	159 0 37.24	— 9 8 57.33
6 »		14.594163	162 52 11.81	— 7 12 7.48
7 »		15.602854	166 30 2.73	— 5 13 48.56
8 »		16.614288	170 55 50.37	— 2 36 5.27

Ces positions sont représentées de la manière suivante par les systèmes d'éléments I et II, dans le sens observation — calcul :

I		II	
$d\lambda \cos\beta$	$d\beta$	$d\lambda \cos\beta$	$d\beta$
— 0.17	+ 0.08	+ 0.43	+ 0.57
—13.80	— 5.79	—12.11	— 4.78
—14.50	— 6.35	—10.97	— 4.46
— 3.09	— 2.25	+ 0.45	— 0.36
— 7.47	— 5.32	+ 0.41	— 1.00
+ 2.32	+ 0.94	+ 7.72	+ 3.90
+ 4.77	+ 1.09	+ 6.60	+ 1.94
— 0.29	— 0.08	— 0.45	— 0.02

Ce n'est qu'après quelques tâtonnements que je suis arrivé au système suivant d'éléments elliptiques, auxquels je joins les différences observation—calcul qu'ils laissent dans les huit positions normales :

III		$d\lambda \cos\beta$	$d\beta$
T = 1882 Sept. 17.263569		+ 6.2	+ 4.7
π = 55°41′54″.0	Équinoxe	— 7.1	— 0.8
Ω = 346 6 55 .1	moyen	— 7.4	— 0.6
i = 141 59 48 .3	1882.0	+ 4.2	+ 3.5
log q = 7.8956545		— 3.0	— 0.2
log e = 9.9999458		+ 3.6	+ 3.4
a = 63.02		+ 3.2	+ 0.9
Révolution = 500.3 années.		— 1.0	— 0.7

Si je mentionne ce résultat final, ce n'est pas qu'à mes yeux il ait beaucoup de valeur, car si ce système d'éléments répond mieux à l'ensemble des observations que les systèmes paraboliques I et II, la différence n'est pas grande. Puis j'ai constaté que l'on peut faire varier passablement les valeurs des éléments et en particulier augmenter et diminuer l'excentricité dans une proportion assez sensible, sans que la représentation des positions normales soit beaucoup moins satisfaisante. Cette imper-

fection inévitable du résultat obtenu tient à deux causes principales : d'abord les observations antérieures au passage au périhélie embrassent un espace de temps trop restreint, puis surtout elles sont en trop petit nombre [1], et les erreurs provenant des équations personnelles et de l'incertitude des positions des étoiles de comparaison ne pouvaient absolument pas être éliminées.

Cependant ces éléments III offrent de l'intérêt par le fait que, d'après la méthode des moindres carrés, ils représentent *le mieux* l'ensemble des positions normales. Puis, si nous les examinons de plus près, nous verrons qu'ils confirment ce que nous avons déjà constaté. Ils donnent en effet pour la durée de la révolution de la comète une valeur inférieure aux valeurs trouvées par MM. Kreutz, Frisby et Morrison, au moyen d'observations faites dans la seconde moitié de l'orbite. Or, si la comète avait subi un changement dans son mouvement lors du passage au périhélie, ce changement se serait manifesté par une diminution de la durée de la révolution, et c'est précisément le contraire qui se réalise.

Donc, malgré l'incertitude inhérente à ces éléments elliptiques, et puisqu'ils ne contredisent pas les résultats obtenus auparavant, nous sommes fondés à conclure que, *si la comète a subi une perturbation dans son mouvement quand elle a passé dans le voisinage immédiat du soleil, cette perturbation a été insensible.*

Du reste on ne pourra se prononcer définitivement sur cette question délicate que lorsque tout l'ensemble

[1] Au moment où je mets la dernière main à ce travail, je trouve dans le n° 2501 des *Astr. Nachr.*, une observation de M. Finlay, du 7 septembre, la première que l'on ait pu faire de la comète et dont je regrette fort de ne pas avoir eu connaissance plus tôt.

des observations aura été soumis à une discussion approfondie. Ce sera un travail considérable et compliqué à cause des particularités remarquables qu'a présentées la grande comète. Ainsi que nous l'avons vu, le noyau, au lieu d'être simple, présentait plusieurs centres lumineux, et il faudra tenir compte du fait que tous les observateurs auront pu ne pas observer le même point. Il faudra aussi examiner où se trouvait placé dans le noyau le centre de gravité, c'est-à-dire le centre du mouvement de la comète. Mais en raison même de ces particularités de la belle comète qui vient de nous occuper, l'étude complète et détaillée de son orbite, quelque longue qu'elle puisse être, offrira un vif intérêt et amènera certainement celui qui voudra s'en charger à des résultats intéressants pour la science.

SUR LA THÉORIE

DE

L'ABSORPTION ATMOSPHÉRIQUE

DE LA

RADIATION SOLAIRE

PAR

M. le D[r] Julius MAURER
Adjoint à l'Observatoire central météorologique suisse à Zurich.

(Communiqué par l'auteur.)

L'étude de la radiation solaire et des lois de l'absorption atmosphérique qui affaiblit l'intensité des rayons solaires, a été faite par un grand nombre de savants, surtout à cause de leurs relations avec la détermination de la température de notre astre central, qui donne à ces questions une grande importance pour la physique cosmique. Newton, Bouguer, Pouillet, Secchi, Soret, Violle, Crova, etc., se sont occupés de ce problème dont l'histoire a été faite par Crova [1], ainsi que par M. Radau dans son « Actinométrie. »

La quantité de la chaleur solaire qui tombe pendant un temps donné (par exemple par minute) perpendicu-

[1] Dans un mémoire publié dans les *Annales de chimie et de physique*, t. XI, août 1877, p. 433.

lairement à une surface de grandeur déterminée (par ex. 1 cm^2) dépend de l'énergie calorique du soleil et du milieu que les rayons traversent (dans notre cas l'atmosphère). La perte de la radiation par suite du passage à travers l'atmosphère éprouve aussi diverses modifications, puisque les rayons solaires ne sont pas tous de même qualité et puisque l'atmosphère renferme une foule d'éléments qui absorbent différemment suivant leur quantité ; enfin, cette perte est dans un rapport déterminé avec l'épaisseur de la couche atmosphérique traversée, autrement dit, avec le jour et l'heure de l'observation. En supposant une atmosphère *homogène,* c'est-à-dire de même densité en tous ses points, on a comme relation entre la quantité de chaleur W (ou I = l'intensité des rayons solaires) observée sur la surface terrestre, et la quantité W_0 ou I_0 qu'on trouverait à la limite de l'atmosphère (si l'on peut parler de cette limite)

$$W = W_0 p^{\varepsilon}$$

où p représente le coefficient d'absorption de l'atmosphère, et ε l'épaisseur de la couche d'air traversée (supposée égale à 1 pour l'incidence verticale). Or, puisque la quantité de chaleur tombée pendant l'unité de temps sur l'unité de surface (par ex. sur la face antérieure du pyrhéliomètre de Pouillet) est donnée par

$$W = \frac{M}{Fz} \Theta$$

M étant la capacité du calorimètre de surface F et Θ l'élévation de température observée pendant le temps z, on aura :

$$\Theta = Ap^{\varepsilon}$$

C'est la formule de Pouillet, où A est la *constante solaire* qui est en relation avec W_0 et les dimensions de l'actinomètre employé.

Cette relation théorique trouvée par Pouillet, et comparée avec les résultats de ses expériences a été employée avec fruit dans toutes les recherches sur la force absorbante de l'atmosphère, et discutée par les savants qui s'en sont occupés.

Pour la détermination de ε, on a proposé diverses formules. Ainsi *Bouguer* suppose dans son « Traité d'optique sur la gradation de la lumière, » que pour l'absorption des rayons lumineux ou calorifiques, il est indifférent que les derniers traversent l'atmosphère réelle ou une atmosphère parfaitement homogène, ayant partout la même densité et la même température, et il arrive à une formule identique avec la suivante :

$$\varepsilon = \frac{l}{l_0} = \sec z - \frac{l_0}{2R} \operatorname{tg}^2 z \sec z + \left(l_0 - \frac{1}{3} R \cos^2 z\right) \frac{l_0 \operatorname{tg}^2 z}{2 R^2 \cos^2 z} - \ldots$$

où l est le chemin parcouru en ligne *droite* dans l'atmosphère, l_0 ($= 7622.6^m$) la hauteur de l'atmosphère homogène qui est prise pour unité; R est le demi-diamètre terrestre, z la distance zénithale du soleil.

Lambert, contemporain de Bouguer, donne dans sa « Photometria » (1760) la formule

$$\varepsilon = \sqrt{2Rh + h^2 + R^2 \cos^2 z} - R \cos z = \sqrt{(R+h)^2 - R^2 \sin^2 z} - R \cos z$$

R et z ont la même signification que précédemment,

h désigne la hauteur de l'atmosphère véritable. — Une table qui s'y rapporte a été calculée par M. Descroix; elle est basée sur les valeurs $R = 80$, $h = 1$ et se trouve dans « l'Annuaire de Montsouris 1879. » — Le calcul des distances zénithales est basé sur la relation suivante :

$$\cos z = \sin H = \sin \lambda \sin \Delta + \cos \lambda \cos \Delta \cos \alpha$$

dans laquelle $H = 90° - z$ représente la hauteur de l'astre, Δ sa déclinaison, α l'angle horaire et λ la latitude du lieu.

Enfin Laplace [1] a donné une expression pour l'épaisseur ε de la couche atmosphérique traversée, qui trouve un emploi fréquent surtout quand $z = 90 - H$ dépasse $80°$, et que nous pouvons reproduire sous la forme :

$$\varepsilon = \frac{\delta\Theta}{a_0 \sin z}$$

a_0 est la constante de réfraction pour $z = o$, et $\delta\,\Theta$ la réfraction astronomique. A l'aide de cette formule de Laplace, M. Forbes [2] a calculé une petite tabelle en employant z (distance zénithale apparente) comme argument ; dernièrement, M. Violle en a publié une dans l'*Annuaire de Montsouris,* 1882.

Le but du présent travail est d'examiner, au moyen d'une recherche *théorique* sur « l'absorption des rayons caloriques, » basée sur la supposition d'un état idéal de

[1] *Méc. céleste*, t. IV, livre X, chap. III, pag. 283 et 284, où il donne une relation directe entre l'absorption de la lumière dans l'atmosphère et la réfraction astronom.

[2] Radau, *Actinométrie*, p. 22.

l'atmosphère naturelle, dans quelles limites la formule de Pouillet (donnée plus haut) basée sur une atmosphère homogène, peut être employée, puis de déterminer quelle exactitude on doit attribuer aux valeurs de ε, résultant des différentes théories.

Poursuivons pour cela un rayon solaire quelconque dans notre atmosphère et désignons par i l'intensité de la radiation en un point B, par ds l'élément du chemin et par ρ la densité de la couche atmosphérique correspondante ; la perte de chaleur (ou de radiation) suivant ds se déterminera au moyen de la loi hypothétique connue :

$$di = -\varkappa\, i\, \rho\, ds$$

où le coefficient $\varkappa$ varie avec la nature du rayon et du milieu.

Comme dans le cours de ces recherches on verra que le problème proposé peut être mis en relation avec la théorie de la réfraction astronomique, il est nécessaire premièrement d'indiquer la relation entre la densité ρ et l'indice de réfraction μ de la couche considérée.

En partant de l'hypothèse de l'émission on trouve que la puissance réfractive $\mu^2 - 1$ d'un milieu doit être proportionnelle à sa densité ainsi que Arago et Biot [1] crurent le prouver expérimentalement pour les gaz à différentes températures. — Cependant, des recherches récentes ont montré que dans les corps solides et liquides l'expression $\mu^2 - 1$ n'est dans aucun rapport simple ni avec la densité, ni avec la température, ni avec la constitution mécanique ou chimique de ces corps.

[1] Biot et Arago, *Mém. de l'Inst.* VII, 1807.

Si l'on veut formuler une relation entre le coefficient μ de réfraction et la densité ρ des corps, la chose la plus simple est, ainsi que Beer l'a proposé, de prendre comme point de départ l'expression $(\mu - 1) : \rho$. — Des recherches de Dale et Gladstone[1], de Landolt[2] et de Mascart[3] ont montré que ce rapport est à peu près constant pour différentes températures, tandis que $(\mu^2 - 1) : \rho$ s'en éloigne considérablement. Nous pouvons donc poser

$$\mu - 1 = q . \rho$$

où q est constant ; il suit :

$$\frac{di}{i} = - \varkappa_1 (\mu - 1)\, ds$$

ou

$$\frac{\varkappa}{q} = \varkappa_1$$

Si nous poursuivons la courbe du rayon lumineux à partir de la surface terrestre (voir la fig.), nous voyons que *di* représente une augmentation de l'intensité ; donc

$$\frac{di}{i} = \varkappa_1 (\mu - 1)\, ds$$

D'après les principes de l'optique analytique, on nomme indice de réfraction le rapport $\mu = v_0 : v$ de la vitesse de la lumière dans l'éther à la vitesse dans le milieu en question ; ou

[1] Dale et Gladstone, *Philos. Trans.* 1863.
[2] Landolt, *Pogg. Ann.* CXXIII, 595.
[3] Mascart, *Ann. de l'Éc. normale* ([2]) VI, 9.

$$\mu = v_0 \cdot \frac{dt}{ds}$$

d'où

$$\mu\, ds = v_0\, dt$$

Par conséquent :

$$\frac{di}{i} = \varkappa_1 v_0\, dt - \varkappa_1\, ds = \varkappa_1 \mu\, ds - \varkappa_1\, ds$$

Il suit par intégration :

$$\left[\log i\right]_i^{i_0} = \varkappa_1 \int_{s=o}^{s} \mu\, ds - \varkappa_1 \int_{s=o}^{s} ds$$

où i_0 est l'intensité de la radiation à la limite de l'atmosphère, et i l'intensité au lieu de l'observation.

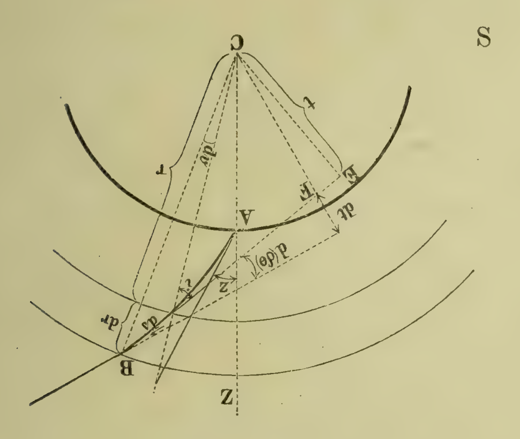
On peut substituer à $\int \mu\, ds$ une expression plus commode, en remarquant que si l'on désigne par (μ) une valeur moyenne de l'indice de réfraction[1] μ (variant de $\mu_0 = 1.000294$ à $\mu = 1$), on peut écrire

$$\int_o^s \mu\, ds = (\mu) \int_o^s ds = (\mu)\ s$$

Il résulte :

[1] Corresp. à l'état moyen de l'atmosphère au jour de l'observation.

$$\log\left(\frac{i_0}{i}\right) = \varkappa_1 \left((\mu) - 1\right)\int_0^s ds$$



Désignons par $\delta\Theta$ la réfraction dans l'atmosphère; notre figure montre que si nous décrivons l'élément de chemin dans le sens de la flèche, la réfraction à l'endroit considéré diminue de $d\,(\delta\Theta)$; mais pour que

$$-\,d\,(\delta\Theta) = \frac{dt}{\sqrt{r^2 - t^2}}$$

où t=CE est la perpendiculaire abaissée de C sur la tangente à la courbe du rayon du rayon lumineux. On en déduit :

$$t\,d\,(\delta\Theta) = -\,\frac{t\,dt}{\sqrt{r^2 - t^2}}$$

Or comme

$$ds = \frac{dr}{\cos i} = \frac{rdr}{\sqrt{r^2 - t^2}}$$

on pourra écrire

$$ds = \frac{t\,dt}{\sqrt{r^2 - t^2}} + \frac{r\,dr - t\,dt}{\sqrt{r^2 - t^2}} = - t\,d\,(\delta\Theta) + \frac{r\,dr - t\,dt}{\sqrt{r^2 - t^2}}$$

d'où

$$\int_o^s ds = - \int_{\delta\Theta}^{\delta\Theta = o} t\,d\,(\delta\Theta) + \int \frac{r\,dr - t\,dt}{\sqrt{r^2 - t^2}} =$$

$$= \int_o^{\delta\Theta} t\,d\,(\delta\Theta) + \Big[\sqrt{r^2 - t^2}\Big]_{\text{surface de la terre.}}^{\text{limite de l'atm.}}$$

Or comme,

$$t = r \sin i = \frac{a\,\mu_0 \sin z}{\mu} = \frac{\gamma}{\mu}$$

on a

$$\log\left(\frac{i}{i_0}\right) = - \varkappa_1 \,((\mu - 1)\, \Big\{ \gamma \int_o^{\delta\Theta} \frac{d\,(\delta\Theta)}{\mu} +$$

$$+ \left[\sqrt{(a + h)^2 - a^2 \mu_0{}^2 \sin^2 z} - \sqrt{a^2 - a^2 \sin^2 z}\right] \Big\}$$

Il reste à exprimer

$$\int_{o}^{\delta\Theta} \frac{d\,(\delta\Theta)}{\mu}$$

L'une des nombreuses formes de l'équation différentielle de la réfraction est[1]

$$d(\delta\Theta) = -\frac{(1-s)\sin z\, d\mu}{\mu\sqrt{\cos^2 z - \left(1-\frac{\mu^2}{\mu_0{}^2}\right) + (2s-s^2)\sin^2 z}}, \left(\frac{a}{r} = 1-s\right)$$

Or comme

$$\mu = 1 + q\rho$$

$$d\mu = q\,.\,d\rho$$

donc pour

$$\frac{q\,\rho_0}{1+q\,\rho_0} = 2\,\alpha\,,$$

et

$$1 - 2\,\alpha\left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right) = \frac{\rho}{\rho_0}$$

on a :

$$d(\delta\Theta) = -\frac{2\,\alpha\,(1-s)\sin z\,\frac{d\rho}{\rho_0}}{\left(1-2\alpha\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)\right)\sqrt{\cos^2 z - 4\,\alpha\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right) + (2s-s^2)\sin^2 z}}$$

[1] Bruhns, *Astronom. Strahlenbrechung*, page 88.

si l'on néglige

$$4\alpha^2\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)^2$$

Il en résulte :

$$\frac{d\,(\delta\Theta)}{\mu}=-\frac{2\,\alpha\,(1-s)\sin z\,\dfrac{d\rho}{\rho_0}}{\left\{1-4\,\alpha\left(1-\dfrac{\rho}{\rho_0}\right)\right\}^2\mu_0\sqrt{\cos^2 z-\ldots\ldots}}$$

$$=-\frac{2\,\alpha\,(1-s)\sin z\,\dfrac{d\rho}{\rho_0}}{\left(1-4\,\alpha\left(1-\dfrac{\rho}{\rho_0}\right)\right)\mu_0\sqrt{\cos^2 z-\ldots\ldots}}$$

Si l'on introduit une valeur moyenne $1-2\alpha$ pour $1-4\alpha\left(1-\dfrac{\rho}{\rho_0}\right)$ il vient

$$\frac{d\,(\delta\Theta)}{\mu}=-\frac{\alpha'}{1-\alpha'}\cdot\frac{(1-s)\sin z\,\dfrac{d\rho}{\rho_0}}{\mu_0\sqrt{\cos^2 z-2\,\alpha'\left(1-\dfrac{\rho}{\rho_0}\right)+\ldots}}$$

ou

$$\alpha'=2\,\alpha$$

Par des considérations analogues on voit que

$$\frac{1-\alpha}{1-\alpha'}\,d\,(\delta\Theta)=-\frac{\alpha'}{1-\alpha'}\cdot\frac{(1-s\sin z\,\dfrac{d\rho}{\rho_0}}{\sqrt{\cos^2 z-\ldots.}}=\frac{\mu_0}{\mu}\,d\,(\delta\Theta)$$

ou

$$\gamma \int_{o}^{\delta\Theta} \frac{d(\delta\Theta)}{\mu} = \left(\frac{1-\alpha}{1-\alpha'}\right) \frac{\gamma}{\mu_0}\, \delta\Theta = \left(\frac{1-\alpha}{1-\alpha'}\right) a \sin z \,.\, \delta\Theta$$

par suite

$$\log\left(\frac{i}{i_0}\right) = -\varkappa_1\left((\mu)-1\right) \left\{ a \sin z \left(\frac{1-\alpha}{1-\alpha'}\right) . \,\delta\Theta + \right.$$

$$\left. + \sqrt{(a+h)^2 - a^2\mu_0{}^2 \sin^2 z} - \sqrt{a^2 - a^2 \sin^2 z} \right\}$$

Or comme

$$\frac{1-\alpha}{1-\alpha'} = \frac{\mu_0 + 1}{2}$$

on a enfin

$$\log\left(\frac{i}{i_0}\right) = -\varkappa_1\left((\mu)-1\right) \left\{ a \sin z \, \frac{\mu_0 + 1}{2} \, . \,\delta\Theta + \right.$$

$$\left. + \sqrt{(a+h)^2 - a^2\mu_0{}^2 \sin^2 z} - a \cos z \right\}$$

$h =$ hauteur de l'atmosphère.

Pour $z = o$:

$$\log\left(\frac{iz=o}{i_0}\right) = -\varkappa_1\left((\mu)-1\right) . \, h$$

donc :

$$\log\left(\frac{i}{i_0}\right) = \frac{a}{h}\left(\frac{\mu_0 + 1}{2} \sin z \, \delta\Theta + \right.$$

$$\left. + \sqrt{\left(1 + \frac{h}{a}\right)^2 - \mu_0{}^2 \sin^2 z} - \cos z\right) \log\left(\frac{iz = o}{i_0}\right)$$

Pour tout le complexe des rayons qui finalement tombe perpendiculairement sur une surface donnée, on a, en supposant le coefficient d'absorption $\varkappa$ constant pour tous les rayons

$$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{a}{h}\left(\frac{\mu_0 + 1}{2} \sin z \, \delta\Theta + \right.$$

$$\left. + \sqrt{\left(1 + \frac{h}{a}\right)^2 - \mu_0{}^2 \sin^2 z} - \cos z\right) \log\left(\frac{Iz = o}{I_0}\right)$$

En posant :

$$\frac{Iz = o}{I_0} = p \text{ et } \varepsilon = \frac{a}{h}\left(\frac{\mu_0 + 1}{2} \sin z \, \delta\Theta + \right.$$

$$\left. + \sqrt{\left(1 + \frac{h}{a}\right)^2 - \mu_0{}^2 \sin^2 z} - \cos z\right)$$

il résulte

$$I = I_0 \, p^{\varepsilon}$$

En remplaçant I par W, on obtient la formule de Pouillet.

En posant $\mu_0 = 1$, l'expression

$$a \sqrt{\left(1 + \frac{h}{a}\right)^2 - \mu^2 \sin^2 z} - \cos z)$$

(valeur de ε donnée par Lambert) représente le chemin que le rayon lumineux parcourait en ligne droite dans l'atmosphère;

$$a \frac{\mu_0 + 1}{2} \sin z \, \delta\Theta$$

donne la correction pour la courbure.

Pour calculer un tableau en prenant z (= distance zénithale) comme argument, nous devons nous entendre sur les constantes fondamentales; comme hauteur barométrique moyenne nous prenons 716^{mm}, comme température moyenne 7.5°C. Nous rapportons donc le coefficient ε à cet état moyen de l'atmosphère. — Le coefficient de réfraction μ se détermine au moyen de

$$\mu - 1 = (\mu_0 - 1) \cdot \frac{b}{760} \cdot \frac{1}{1 + 0.00366\, t}$$

b= hauteur barom., t= température.

En prenant pour μ_0 la valeur 1.000294 (trouvée par Arago-Biot et Jamin), il résulte : μ=1.000270. — Quant à l'introduction des réfractions correspondantes aux diverses distances zénithales qui entrent dans le premier terme de ε, il est à remarquer qu'il faut prendre les valeurs basées sur l'équation $\mu - 1 = q\rho$.

Or Thomas Young[1] a développé une théorie de la réfraction astronomique dans laquelle il prit pour point de départ la relation $\mu - 1 = q\rho$ et calcula par ce moyen des tables de réfraction (*Nautical Almanac* pour l'année 1822), basées sur l'état normal

[1] Bruhns, l. c., page 131.

$t = 50°$ Fahr.; $b = 30$ pouces angl.

que Bessel a aussi admises. Lors même que Bessel est parti de la relation $\mu^2 - 1 = q\rho$, les *réfractions moyennes* qu'il a calculées coïncident d'une manière très satisfaisante avec celles de Young. C'est pourquoi, dans le calcul du tableau suivant, j'ai pris les *réfractions moyennes de Bessel* (telles qu'elles sont reproduites dans le *Taschenbuch* de de M. R. Wolf), corrigées naturellement pour la hauteur barom. et thermom. indiquée plus haut.

Il nous reste encore à fixer une valeur pour

$$\frac{a}{h} = \frac{\text{rayon terrestre.}}{\text{hauteur de l'atmosphère.}}$$

Sans vouloir entrer dans les diverses hypothèses qui s'y rapportent, nous supposons $\frac{a}{h} = 100$ (c'est-à-dire h égal à environ 65000 m.). Nous ne considérons ainsi que l'absorption des rayons calorifiques dans une couche gazeuse de 65000 m. d'épaisseur; nous négligeons l'influence de la matière qui se trouve au delà.

Dans le tableau suivant, nous mettons en regard les valeurs de

$$\varepsilon = \frac{a}{h}\left(\frac{\mu_0 + 1}{2} \sin z\, \delta\Theta + \sqrt{\left(1 + \frac{h}{a}\right)^2 - \mu_0^2 \sin^2 z} - \cos z\right)$$

correspondant aux distances zénithales diverses $z = 0°$ à $z = 90°$ avec celles calculées par M. Violle au moyen de la formule de Laplace

$$\varepsilon = \frac{\delta\Theta}{a_0 \sin z}$$

(publiées dans l'*Ann. de Montsouris*, 1882); par Bouguer, par la formule

$$\varepsilon = \sec z - \frac{l_0}{2\,\mathrm{R}} \operatorname{tang}^2 z \sec z + \ldots.$$

où

$$l_0 = \overset{\text{toises}}{3911} = \overset{\text{m}}{7622.6}$$

et enfin les épaisseurs diverses d'après *Lambert* où

$$\varepsilon = \sqrt{2\,\mathrm{R}.h + h^2 + h^2 \cos^2 z} - \mathrm{R} \cos z$$

en prenant

$$h = 1 \text{ et } \mathrm{R} = 80\,;$$ [1]

ces nombres ont été adoptés dans l'*Annuaire de l'Observatoire de Montsouris.*

[1] Ce qui suppose que l'atmosphère sensible s'étend jusqu'à une hauteur de $\frac{6366}{80}$ ou d'environ 80 km.

Table des épaisseurs

ε *de l'atmosphère traversée par les rayons solaires pour les distances zénithales z variables de 0° à 90°, d'après les diverses formules (Bouguer, Lambert, etc.)*

Distances zénithales.	ε			
z	Bouguer.	Lambert.	Violle-Laplace.	Maurer.
0°	1.000	1.00	1.000	1.000
10	1.015	1.02	1.016	1.016
20	1.064	1.06	1.065	1.064
25	1.103	1.10	1.103	1.102
30	1.155	1.15	1.155	1.152
35	1.221	1.22	1.215	1.217
40	1.305	1.30	1.305	1.301
45	1.414	1.41	1.420	1.407
50	1.556	1.54	1.555	1.545
55	1.742	1.72	1.740	1.726
60	1.990	1.96	1.995	1.973
65	2.350	2.30	2.425	2.315
70	2.900	2.80	2.900	2.826
75	3.805	3.58	3.81	3.637
80	5.560	4.92	5.57	5.080
85	10.20	7.51	10.22	8.037
86	12.10	8.28	12.20	8.977
87	14.90	9.18	14.90	10.096
88	19.00	10.20	18.90	11.432
89	25.80	11.37	25.10	13.029
90	35.50	12.69	35.50	14.961

Jusque vers 70°, les valeurs de ε calculées par les formules diverses coïncident d'une manière satisfaisante; mais quand la distance zénithale du soleil dépasse 75°-80° les différences, par exemple entre la formule de *Laplace-Violle* et celle de *notre théorie* atteignent une quantité considérable. Une révision du calcul de Laplace[1] et des principes d'où il est parti montrerait que les va-

[1] *Méc. céleste*, t. IV, 283-284.

leurs de ε qu'on en tire sont beaucoup trop grandes dans le voisinage de l'horizon; ce que l'*observation aussi confirme.*

L. Seidel[1] chercha autrefois à déterminer par de nombreuses observations l'*absorption de la lumière* dans l'atmosphère; si l'on compare ses résultats avec ceux que donne la formule de Laplace (basée sur l'exposant $\varepsilon = \frac{1}{a_0} \frac{\delta\Theta}{\sin z}$)[2] on voit que, pour une distance zénithale égale à 89°, ces derniers sont **1.55** fois trop grands.— Les valeurs calculées par la formule

$$\varepsilon = \frac{a}{h}\left(\frac{\mu_0+1}{2}.\delta\Theta.\sin z + \sqrt{\left(1+\frac{h}{a}\right)^2 - \mu_0^2 \sin^2 z} - \cos z\right)$$

au contraire donnent un résultat un peu trop petit, c'est-à-dire l'absorption donnée par notre théorie est plus petite que celle qu'on observe, ainsi que cela doit être, puisque nous avons supposé un état idéal de l'atmosphère, qui en réalité n'existe jamais. La vapeur d'eau, la poussière et autres choses répandues surtout dans les couches inférieures tendront toujours à augmenter cette absorption théorétique.

[1] Untersuchungen über die gegenseitige Helligkeit der Fixsterne, etc. *Abh. d. k. bair. Acad.*, II. Cl., VI. Band, III. Abhandlung.

[2] La formule correspondante est $H = H_0 q^{\varepsilon}$.

ÉMILE PLANTAMOUR

NOTICE BIOGRAPHIQUE

PAR

M. Casimir De CANDOLLE.[1]

Émile Plantamour est né à Genève le 14 mai 1815. Il était âgé de 9 ans seulement, lorsque son père le retira de la 4me classe du collège pour l'envoyer à l'Institut d'Hofwyl, situé dans le canton de Berne, non loin de Berthoud. Grâce à l'habile direction de Fellenberg, son fondateur, cette institution jouissait alors d'une grande renommée. Sous le rapport des méthodes d'enseignement, elle contrastait favorablement avec la plupart des écoles de l'époque.

Les études classiques n'étaient peut-être pas poussées aussi loin à Hofwyl qu'au collège de Genève, mais en revanche, l'enseignement des langues vivantes y était l'objet d'une attention spéciale et les exercices du corps ainsi que les jeux en plein air, faisaient heureusement partie essentielle du système d'éducation adopté par Fellenberg.

[1] Extrait du rapport annuel du Président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, pour l'exercice de 1882.

Lorsqu'il revint à Genève à l'âge de 17 ans, après huit années de cette vie hygiénique, Plantamour parlait couramment trois langues, outre le français, et il avait acquis, sans fatigue, les connaissances nécessaires pour être admis, comme étudiant, à l'Académie.

Dès lors, il manifeste un goût de plus en plus prononcé pour les sciences exactes. Le cours d'astronomie d'Alfred Gautier l'intéresse au plus haut degré. Cet éminent professeur ne tarde pas à le distinguer entre ses élèves et conçoit même, dès cette époque, le projet d'en faire un jour son successeur. Dans ce but il l'engage à aller travailler dans les grands observatoires d'Europe, où il trouvera les facilités d'étude qui faisaient alors défaut à Genève. Plantamour avait aussi reçu de précieux encouragements du professeur Frédéric Maurice. D'après les conseils de ce savant mathématicien, il se décide à aller, en premier lieu, à Paris, où la recommandation de Maurice le fait admettre au nombre des assistants d'Arago. Il se trouve ainsi initié, d'emblée, aux meilleures méthodes et associé aux calculs les plus instructifs. Deux années à pareille école ne font naturellement qu'accroître son zèle pour l'astronomie et fixent définitivement le choix de sa carrière. Il quitte alors Paris pour se rendre à Kœnigsberg, dont l'observatoire était, à cette époque, dirigé par Bessel. Il y reçoit l'accueil le plus bienveillant et son aptitude au calcul attire bientôt l'attention de ce grand astronome. Ce fut pour Plantamour la période la plus laborieuse et, en même temps, la plus intéressante de sa vie d'étudiant. Aussi a-t-il conservé soigneusement plusieurs des nombreux billets que Bessel lui adressait presque journellement pour l'encourager dans ses travaux, parfois même pour lui donner des conseils intimes qui témoi-

gnent de l'amitié particulière qu'il lui portait. Au bout de deux années de travail assidu, Plantamour avait terminé la thèse qui devait lui conquérir brillamment le grade de docteur.

Le sujet de cette thèse, rédigée en latin, est une étude approfondie des méthodes employées pour la détermination des éléments cométaires. L'auteur compare entre elles et discute toutes celles qui ont été successivement proposées pour la solution de ce problème. Il montre comment celle d'Olbers, la plus usitée aujourd'hui et la plus simple, puisqu'elle ne nécessite que trois observations, avait été préparée par les travaux antérieurs de Newton et d'autres grands mathématiciens. Il en donne une démonstration nouvelle qui dut contenter Bessel lui-même, car je lis le passage suivant dans une lettre qu'il écrivit à son élève à l'occasion de ce travail : « Je crois que le désir de vos lecteurs de trouver çà et là quelque démonstration frappante, sera satisfait. »

Peu après l'acceptation de sa thèse, le jeune docteur quitte Kœnigsberg pour revenir à Genève. Chemin faisant, il séjourne pendant quelques semaines à Berlin où il se lie avec Encke. Enfin, la capacité que dénotait sa thèse sur les comètes et les marques d'estime dont il avait été l'objet de la part des premiers astronomes de l'époque, lui valent, dès son retour à Genève en 1839, la chaire de professeur à l'Académie et de directeur de l'Observatoire, deux postes que son maître Alfred Gautier s'était vu, peu auparavant, dans la triste nécessité d'abandonner à cause de l'affaiblissement de sa vue.

On peut dire qu'à dater de ce moment la vie de Plantamour a été, presque entièrement, consacrée à l'enseignement universitaire et à ses travaux scientifiques; ce

qui ne l'a pourtant pas empêché de s'occuper de divers objets d'utilité publique et de rendre à son pays des services signalés, tout en se tenant à l'écart de la politique.

C'est ainsi qu'il a, incontestablement, donné une grande impulsion à l'industrie horlogère, en la rendant toujours plus solidaire de l'observatoire astronomique, en perfectionnant sans cesse le système d'épreuves adopté pour le contrôle des chronomètres, et enfin en dirigeant les concours de chronomètres institués par la Classe d'industrie de la Société des Arts. Il s'était, de la sorte, conquis l'estime et la confiance de tous les industriels qui, unanimes à reconnaître sa haute capacité, se soumettaient toujours sans appel à ses jugements qu'ils savaient n'être jamais influencés par aucune considération personnelle.

Dans le grand débat suscité par les riverains vaudois à propos des hautes eaux du lac, son intervention active a eu, entre autres, l'heureux effet d'obliger tous ceux qui abordaient cette question à ne produire que des arguments sérieux, reposant sur des données expérimentales d'une rigoureuse précision; car il n'admettait pas que la science, qui est la recherche de la vérité, pût être trahie au profit de mesquines rivalités.

J'en viens maintenant à ses travaux scientifiques proprement dits.

De retour à Genève, Plantamour se trouvait réduit à des ressources bien modestes en comparaison de celles que lui avaient offertes les grands centres astronomiques de Paris, de Kœnigsberg, de Berlin. Mais il sut vite discerner le meilleur parti à tirer des circonstances.

Il s'occupe, tout d'abord, de déterminer les constantes du nouvel observatoire, dont la construction datait d'une dizaine d'années à peine et qui n'était que depuis peu de

temps pourvu des instruments nécessaires. Il organise ensuite ce système d'observations de passage, qui ont été continuées avec persévérance et dont les résultats, publiés dans les *Mémoires de la Société de physique*, constituent des documents indispensables à tous ceux qui s'occupent de recherches astronomiques dans notre ville. Enfin il met tous ses soins à compléter et à perfectionner l'installation des instruments destinés à la météorologie.

Dès l'année 1817, la *Bibliothèque universelle* avait commencé à publier, chaque mois, les observations faites simultanément à Genève et à l'hospice du Grand-St-Bernard. Plantamour a continué sans relâche cette publication mensuelle, tout en insérant, de temps à autre, dans les Mémoires de notre Société, ces importants résumés annuels qui devaient aboutir plus tard à une étude complète du climat de Genève. Ces résumés météorologiques montrent avec quelle sagacité il savait interpréter les données numériques et en déduire souvent la connaissance des causes dont l'influence échappe à l'observation directe. Sous ce rapport, son *Mémoire sur les observations magnétiques faites à Genève de 1842 à 1843*[1] mérite aussi d'être signalé. En comparant d'un jour à l'autre les valeurs de la déclinaison qui ont lieu à une même heure de la journée, il constata que celle-ci angmente pendant quelques jours pour diminuer ensuite jusqu'à ce qu'elle ait atteint un minimum, et il s'aperçut que cette variation se trouve en rapport avec la position de la lune relative-

[1] Genève est, si je ne me trompe, la seule ville de Suisse dans laquelle il ait été fait des observations magnétiques suivies. Le petit édifice qui leur était consacré, et que Plantamour avait fait disposer avec le plus grand soin, a été plus tard supprimé lors des changements nécessités par la démolition des fortifications.

ment au méridien, d'où il conclut que cet astre exerce une influence sur le magnétisme terrestre ainsi que Kreil[1] l'avait déjà reconnu peu auparavant par une méthode différente.

Au milieu de ces travaux de météorologie et de physique terrestre, Plantamour ne laissait échapper aucune occasion de poursuivre son étude favorite des comètes, commencée avec tant de succès sous la direction de l'illustre Bessel. Il eut la bonne fortune de pouvoir observer, l'un des premiers, le singulier dédoublement de la comète de Biela, survenu en 1846. Il reconnut que la distance des deux nouveaux noyaux était à peine égale aux deux tiers de celle qui sépare la terre de la lune. Cependant après avoir, à deux époques différentes, calculé leurs orbites, en tenant compte des causes de perturbation, il ne put, malgré cette faible distance, constater aucune action de l'un de ces noyaux sur l'autre.

Les recherches astronomiques de Plantamour étaient le plus souvent publiées dans les *Astronomische Nachrichten*; mais un grand nombre d'entre elles ont paru soit dans les *Archives,* soit dans les *Mémoires de la Société de physique.* Le tome XI de ce recueil, par exemple, contient son important mémoire relatif à la comète de Mauvais, découverte à Paris en 1844. Ce travail renferme le calcul complet de toutes les observations dont cet astre avait été l'objet, tant à Genève que dans les principaux observatoires d'Europe.

Ces divers écrits et bien d'autres, qu'il serait trop long d'énumérer, avaient achevé d'établir la réputation scien-

[1] Ueber den Einfluss des Mondes auf den magnetischen Zustand der Erde (*Astronomische Nachr.*, XVI, 1839).

tifique de Plantamour. Dès l'année 1844, il est nommé membre de la Société royale d'astronomie de Londres et en 1845 de l'Académie royale de Turin.

Les excursions alpestres ont toujours eu pour lui un grand attrait. Elles l'amenèrent à s'occuper d'hypsométrie, et il en résulta un mémoire approfondi sur la mesure des hauteurs au moyen du baromètre ainsi que des tables hypsométriques relatives à diverses localités des Alpes valaisannes et de la Savoie. Comme ces localités étaient pour la plupart fort rapprochées du Grand St-Bernard, Plantamour réussit, en ce qui les concerne, à diminuer notablement les erreurs inhérentes à l'emploi du baromètre pour la mesure des hauteurs, en utilisant les observations faites régulièrement, d'heure en heure, dans l'Hospice dont l'altitude au-dessus de Genève, mesurée antérieurement au moyen du niveau à bulle d'air, lui était connue à une très petite fraction près.

Enfin en 1863, parut son grand travail intitulé : *Du climat de Genève,* son œuvre la plus originale, puisqu'elle traite d'un sujet des plus complexes et qui n'avait jamais encore été envisagé dans son ensemble.

Si l'ancienneté des premières observations faites à Genève fournissait une abondance exceptionnelle de matériaux à utiliser et permettait d'étendre les comparaisons à un nombre d'années bien plus grand qu'on n'aurait pu le faire pour la plupart des autres stations météorologiques, il faut, par contre, reconnaître que la multiplicité des facteurs qui contribuent à donner à notre climat son caractère si variable, rendait cette étude particulièrement difficile.

Le relief accidenté de notre contrée, vers laquelle convergent deux longues vallées soumises à des régimes mé-

téorologiques fort différents, le voisinage de hautes montagnes et, en même temps, la présence d'un lac assez vaste pour exercer une action climatérique considérable, étaient autant de circonstances qui compliquaient la question et semblaient exclure d'avance les généralisations. Un esprit timide aurait reculé devant toute tentative de ce genre, un savant moins positif que Plantamour se serait peut-être, au contraire, laissé entraîner à des théories hasardées que les faits n'auraient pas tardé à renverser. Il a su éviter ces deux écueils avec un égal succès. Non seulement il a poursuivi jusqu'au bout le laborieux travail qui consistait à classer méthodiquement cette effrayante multitude de chiffres accumulés pendant trente-cinq années d'observations; mais, toutes les fois qu'il pouvait le faire sans déroger à la stricte exactitude scientifique, il n'a pas craint de tirer de ces données les conclusions générales dont elles étaient susceptibles.

Il nous montre, par exemple, comment il se fait que le lac Léman exerce, à la longue, sur ses rives, une influence réfrigérente, résultant de ce que la brise de terre, prédominante en hiver, apporte l'air des localités élevées, en sorte qu'elle agit sur la température dans le même sens que la brise fraîche du lac qui souffle pendant la saison chaude.

Ailleurs il prouve que les causes qui influent sur la température d'une année agissent aussi, plus ou moins, sur celle de l'année suivante, d'où il résulte que, sous ce rapport thermique, il existe bien réellement des séries d'années analogues sans, toutefois, que ces séries aient un caractère périodique.

Enfin l'étude des hydrométéores le conduit à des vues encore plus générales. Ayant constaté que l'année météo-

rologique, dans notre contrée, se compose, régulièrement, de deux saisons humides, d'inégale durée, intercalées entre deux saisons relativement sèches, il en déduit une corrélation remarquable entre le climat de Genève et ceux du bassin de la Méditerranée d'une part, de l'Europe centrale d'autre part.

En lisant ce grand travail, on est frappé de la lucidité de l'exposition et de la sagacité avec laquelle les données de l'observation s'y trouvent groupées et contrôlées par le calcul; on comprend aisément qu'il ait fait sensation dans le monde savant.

L'Académie des sciences ne tarda pas à élire Plantamour au nombre de ses membres correspondants, élection qui eut lieu en 1864. En 1867 il fut nommé membre de la Société météorologique d'Autriche et en 1874 de celle de Londres.

Plantamour, du reste, n'avait pas encore dit son dernier mot sur le climat de Genève. En 1867 il publia un mémoire dans lequel il traita, à nouveau, la question des variations de la température, en faisant, cette fois, usage de la notion des pentades, soit groupes de cinq années, introduite dans la science par le physicien Dove.

En 1876 parurent ses *Nouvelles études sur le climat de Genève*, qui vinrent confirmer les résultats de son premier travail en les contrôlant par les données que fournissaient quinze nouvelles années d'observation.

Depuis cette époque, c'est surtout sur les questions relatives à la géodésie, qu'a porté l'activité scientifique de Plantamour.

La détermination télégraphique des différences de longitude entre les observatoires de Genève et de Neuchâtel, puis entre les stations du Weissenstein près de Soleure

et l'observatoire de Neuchâtel, ont été pour lui l'occasion de nombreuses observations astronomiques et de calculs, dans lesquels il s'est vu puissamment secondé par son collaborateur, M. le prof. A. Hirsch, le savant directeur de l'observatoire de Neuchâtel.

Ces recherches, qui avaient eu pour point de départ le nivellement de précision de la Suisse, se rattachaient en même temps à la mensuration du méridien central de l'Europe, dirigée par la Commission géodésique internationale. Personne, assurément, n'aurait mieux mérité que Plantamour d'assister à l'achèvement de cette grande entreprise, dont il a été l'un des promoteurs les plus actifs, mais qui n'est pas encore terminée.

Le nivellement de précision d'une contrée aussi accidentée que la Suisse exigeant la connaissance exacte de l'intensité de la pesanteur à diverses altitudes, Plantamour fut bientôt conduit à entreprendre une série de laborieuses expériences exécutées avec le pendule à reversion.

C'est en s'appuyant sur les résultats de ces expériences[1] qu'il parvint à mesurer l'intensité de la pesanteur, à Genève et ensuite au sommet du Righi, avec une erreur probable qui ne porte que sur les unités du cinquième ordre décimal. De la différence entre les valeurs obtenues pour ces deux stations, il conclut l'attraction exercée par la montagne sur un point situé à son sommet. Il trouve que cette force attractive est à $^1/_{300000}$ près, égale à $^1/_{12300}$ de la pesanteur.

Les observateurs qui, avant lui, s'étaient servi de cet

[1] Nouvelles expériences et détermination de l'intensité de la pesanteur à Genève et au Righi-Kulm. Genève, 1872.

instrument pour la détermination de l'intensité de la pesanteur, avaient toujours négligé de tenir compte de l'influence de la flexibilité des supports sur le plan d'oscillation. Cette cause d'erreur rendait difficilement comparables entre elles les observations faites dans des localités différentes, dans lesquelles l'installation du pendule n'avait pas toujours été la même.

Aussi lorsqu'il fut chargé par l'Association géodésique de faire au congrès qui devait se réunir à Stuttgart en 1876, un rapport sur les résultats obtenus jusqu'alors avec le pendule à reversion, Plantamour avec son exactitude habituellle, se refusa à émettre une opinion sur ce sujet avant d'avoir pu faire, lui-même, de nouvelles observations en ayant égard à cette cause d'erreur.

A sa demande, notre collègue, M. le prof. Cellérier[1] et, peu après, un mathématicien américain, M. Peirce[2], publièrent les savantes recherches qui ont fourni les formules de correction relatives à cette influence des supports et dont Plantamour ne tarda pas à faire usage[3].

A la fin de sa carrière, si brusquement terminée, la question du niveau du lac, sans cesse renaissante, était venue lui imposer un surcroît de travail pour lequel il n'a épargné ni son temps, ni ses forces. Il y a un an, il publiait encore, dans notre recueil, un grand mémoire intitulé : Observations limnimétriques faites à Genève de

[1] Mouvement simultané d'un pendule et de ses supports. *Archives*, t. LIV, p. 121. 1875.

[2] De l'influence de la flexibilité du trépied sur l'oscillation du pendule à réversion. *Note communiquée à M. Plantamour en Juillet 1878.*

[3] Recherches expérimentales sur le mouvement simultané d'un pendule et de ses supports. Genève, 1878.

1806 à 1880, dont le principal résultat est de mettre hors de doute la différence du niveau qui existe entre la surface du lac proprement dit et celle du Rhône près du *Jardin anglais*, et d'établir ainsi que la limite, soit le seuil d'écoulement du lac, se trouve au banc du Travers, c'est-à-dire bien en dehors de la rade de Genève.

A peine ce mémoire important avait-il paru que Plantamour reprend encore une dernière fois la plume pour réfuter certaines assertions erronées qui s'étaient fait jour dans divers écrits, préoccupé qu'il était de maintenir constamment la discussion relative au niveau du lac sur le terrain strictement scientifique.

Enfin une question d'un tout autre ordre l'intéressait aussi beaucoup à cette époque : je veux parler de l'organisation du Congrès international de compensation qui doit se réunir cette année dans notre ville et dont il avait été nommé président.

C'est au milieu de tant d'activité que la maladie est venue le surprendre. Vers la fin du mois de mai de l'année dernière, il commença à ressentir les premières atteintes d'une affection pulmonaire, qui paraissait d'abord peu grave, mais qui a peu à peu dégénéré au point de devenir fatale. Il est mort à Genève le 7 septembre dernier, à l'âge de 67 ans.

Il n'y a pas longtemps qu'il avait reçu de nouvelles preuves de l'estime dont il jouissait auprès des savants de tous les pays. En 1878, l'Académie des sciences d'Amérique (American Academy) l'avait élu en remplacement de Leverrier. En 1879, il avait été décoré de l'ordre de la Légion d'honneur. Enfin en 1881, il était devenu membre de la Société royale d'Edimbourg.

Vous le voyez, Messieurs, notre Société perd en lui

l'un de ses membres les plus distingués, un de ceux qui l'ont illustrée. Il en faisait partie dès 1840. Il l'a présidée deux fois depuis que nous nommons des présidents annuels.

Nous nous souviendrons tous combien cet homme aux manières si distinguées, ce causeur spirituel, parfois caustique lorsqu'il se heurtait aux sots préjugés, se montrait bienveillant pour ceux qui débutaient dans la science.

Pendant sa longue carrière de professeur, continuée sans interruption jusqu'à l'annnée dernière, il a été, par trois fois, appelé à exercer les fonctions de recteur.

Le témoignage public d'estime et de reconnaissance que le corps universitaire lui a décerné il y a quatre ans à l'occasion du quarantième anniversaire de son professorat, était donc une récompense bien méritée.

Il n'est pas inutile, je crois, de faire remarquer en terminant, que ce savant si laborieux, ce professeur si consciencieux, se trouvait dans une position de fortune qui le rendait parfaitement indépendant et lui aurait facilité tous les loisirs. Son dévouement à la science et à l'enseignement était donc tout spontané et absolument désintéressé. Il en a donné une dernière preuve lorsqu'il a doté l'observatoire de Genève d'un grand équatorial, muni de tous les perfectionnements modernes et fait, en outre, élever à ses frais un bâtiment spécialement destiné à ce nouvel instrument, désireux qu'il était d'assurer l'avenir des études astronomiques à Genève.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

R. Wolf. Périodicité des taches du Soleil. (*Comptes Rendus de l'Acad. des Sc.*, t. XCV, p. 1245.)

Nous reproduisons ici la note que M. Faye a insérée aux Comptes Rendus sur l'important travail de M. Wolf.

« On sait, dit M. Faye, que la périodicité des taches du Soleil a été découverte par M. Schwabe, de Dessau. M. Schwabe, en se fondant sur ses seules observations personnelles, a trouvé pour période dix ans, résultat qui ne pouvait passer que pour une première approximation. En effet, l'étude ultérieure de ce beau phénomène fit voir qu'il était assez complexe. L'Académie sait que M. Wolf, directeur de l'Observatoire de Zurich, a entrepris depuis longtemps d'en faire une étude complète. Dans ce but, il a réuni, à grand'peine, toutes les observations conservées depuis la découverte des taches par Fabricius, c'est-à-dire depuis 1610, et il les a reliées par un système de nombres destinés à exprimer la fréquence des taches au moyen d'une unité arbitraire, il est vrai, mais aussi indépendante que possible de l'individualité de l'observateur et de la force de son instrument. Cette longue série, systématiquement réduite d'après un seul et même plan qui a été adopté plus tard par tous les observateurs, comprend plus de deux siècles et demi. Elle a fourni à M. R. Wolf une période fort différente de celles de Schwabe, de Lamont, d'Allan Broun, à savoir $11\ ^1/_9$ ans ou $11^a, 11$.

« Cependant les irrégularités que présentent les époques et les valeurs numériques des maxima et des minima sont telles que, malgré la longue durée des observations, la période de $11\ ^1/_9$ ans n'a pu être fixée qu'avec une erreur probable de $\pm\ 0^a{,}287$, c'est-à-dire de trois ou quatre mois.

« D'autre part, les astronomes anglais à qui l'on doit les belles observations de Kew ne se sont pas contentés de cette

période. Persuadés que les taches du Soleil étaient dues à l'action des planètes puissantes comme Jupiter, ou plus rapprochées du Soleil, comme Mercure et Vénus, ils cherchèrent à mettre en évidence d'autres périodes, surtout celle de douze ans, durée de la révolution de Jupiter.

« M. Wolf se décida donc à entreprendre la recherche des périodes multiples par un procédé qui fût tout à fait exempt d'idées préconçues. Pour cela, il employa la partie la plus complète et la plus sûre des observations, celle qui s'étend de 1751 à l'époque actuelle. Elle comprend 120 années d'observations, résumées en 1440 moyennes mensuelles.

« Si l'on représentait graphiquement cette longue série de nombres qui résument un travail colossal, on aurait une courbe fortement ondulée dont les maxima se succèdent à des intervalles un peu inégaux, et varient notablement en grandeur d'une période à l'autre, de manière à accuser la superposition de plusieurs oscillations indépendantes, différant entre elles de durée et d'amplitude.

« Supposons d'abord qu'il s'agisse d'une sinusoïde unique, indéfinie, altérée seulement par des causes accidentelles. Si l'on y mesurait, de mois en mois, les ordonnées dans l'intervalle supposé connu d'une période, puis les ordonnées suivantes dans le même intervalle d'une période complète, et ainsi de suite, on formerait des suites de nombres qui se reproduiraient de période en période, sauf les écarts accidentels du phénomène ou de l'observation. Pour éliminer ces écarts, il suffirait de prendre la moyenne des nombres correspondants dans chaque série. La série résultante serait beaucoup plus exacte que les séries particulières et représenterait bien mieux la marche du phénomène. Dès lors la somme de la plus grande ordonnée positive et de la plus grande ordonnée négative prise en valeur absolue donnerait l'excursion totale accomplie pendant une période.

« Mais, si l'on se trompe sur la période, les séries successives ne se ressembleront plus tout à fait ; elles discorderont progressivement, parce qu'elles empièteront l'une sur l'autre ; et si l'on prend encore la moyenne d'un grand nombre de séries successives ainsi délimitées, on aura une valeur plus

petite que dans le cas précédent pour l'excursion totale, parce que les ordonnées négatives compenseront en partie les positives, et cela d'autant mieux que le nombre des séries sera plus grand et que l'erreur commise sur la période sera plus notable.

« Nous ignorons la nature géographique de la courbe des taches ; mais il suffit qu'il y ait une ou plusieurs périodes fixes pour que le procédé précédent soit applicable à leur recherche. Même en opérant sur un nombre modéré de séries, chaque vraie période se manifestera toujours en donnant un maximum pour l'excursion totale.

« L'auteur a eu la patience d'essayer ainsi, sur ses 1440 moyennes mensuelles, toutes les périodes de 2 mois en 2 mois, depuis 9 ans 6 mois jusqu'à 12 ans 6 mois. Il a formé ainsi 19 séries moyennes répondant à ces 19 hypothèses. Je prends comme exemple celle qui répond à une période de 10 ans. Voici les ordonnées moyennes (on a retranché de chaque nombre la moyenne générale des 1440 nombres mensuels) :

Première année.....	+ 4,4
Deuxième »	— 6,2
Troisième »	— 16,4
Quatrième »	— 21,3
Cinquième »	— 20,7
Sixième »	— 9,9
Septième »	+ 7,4
Huitième »	+ 20,9
Neuvième »	+ 22,8
Dixième »	+ 19,0

« L'excursion totale est 21,3 + 22,8 = 44,1.

« Si, au lieu de 10 ans juste, on prend 10 ans moins 2 mois ou 10 ans plus 2 mois, on ne trouve plus pour excursion totale que des nombres notablement inférieurs, 43,0 et 42,4 ; et l'on trouve aussi des excursions de plus en plus faibles à mesure que l'on s'écarte davantage de la période de 10 ans.

« Toutefois, à partir de 10 ans 6 mois, ces nombres se relèvent progressivement et atteignent un second maximum vers 11 ans 4 mois, puis baissent ensuite indéfiniment. Il

doit donc y avoir dans le phénomène une seconde partie dont la période sera 11 ans 4 mois, et c'est justement celle que l'auteur avait fixée lui-même autrefois.

« Cette marche n'est pas tout à fait celle de M. R. Wolf. Au lieu de comparer les excursions totales, il a calculé l'écart moyen relatif à chaque période, c'est-à-dire la racine carrée de la moyenne des carrés des écarts ci-dessus. En voici le calcul pour la suite précédente :

	Écarts.	Carrés.
Première année........	+ 4,4	19,36
Deuxième »	— 6,2	38.44
Troisième »	— 16,4	268,96
Quatrième »	— 21,3	453,69
Cinquième »	— 20,7	428,49
Sixième »	— 9,9	98.01
Septième »	+ 7,4	54,76
Huitième »	— 20,9	436,81
Neuvième »	— 22,8	519,84
Dixième »	+ 19,0	361,00
Somme des carrés.......		2679,36
Moyenne...............		267,936
Racine carrée...........		± 16,37

« Voici d'ailleurs le Tableau des résultats obtenus par M. R Wolf, auxquels je me suis permis de joindre les nombres qui représentent l'excursion totale pour chaque période essayée :

Périodes essayées.	Écart moyen.	Excursion totale.	
ans mois			
9. 6.......	± 9,2	29,5	
8.......	13,3	37,8	
10.......	15,9	43,0	période conclue,
10. 0.......	16,4*	44,1	9 ans 11 mois.
2.......	14,4	42,4	
4.......	10,0	30,5	
6.......	5,6	16,7	
8.......	7,1	22,7	
10.......	11,7	34,2	

Périodes essayées. ans mois	Écart moyen.	Excursion totale.	
11. 0.......	15,0	46,3	
2.......	17,6	50,8	
4.......	18,2*	52,0	période conclue, 11 ans 3 mois.
6.......	17,4	46,6	
8.......	16,6	47,9	
10.......	14,7	44,8	
12. 0.......	12,6	36,6	
2.......	10,5	29,3	
4.......	9,0	25,5	
6.......	7,4	20,1	

« De la colonne des écarts moyens, dont la marche régulière est si frappante, l'auteur tire les conclusions suivantes :

« 1° Il y a une période de 10 ans ;

« 2° Il existe une seconde période de 11 ans 4 mois ;

« 3° Il n'y a pas de période de 12 ans, imputable à l'action de Jupiter.

« La dernière colonne conduirait aux mêmes conclusions.

« J'ajouterai que les nombres du Tableau n° II du Mémoire que je viens d'analyser montrent que, malgré la grande différence des deux périodes, l'intervalle d'un minimum au maximum suivant est le même pour les deux, à savoir 4 $^1/_2$ ans. C'est là un trait caractéristique du phénomène. De plus, comme 17 périodes de 10 ans valent 15 périodes de 11 ans 4 mois, le phénomène complet comprend 170 ans, au bout desquels les maxima et les minima se reproduiront dans le même ordre et avec les mêmes valeurs numériques. Quant à la période très longue, à demi séculaire, dont M. R. Wolf a cru autrefois trouver des traces, j'espère que ces traces s'évanouiront lorsqu'il reprendra l'examen de ses nombres, depuis 1610, en y introduisant les deux périodes qu'il vient de trouver.

« A cela il faut joindre, pour avoir une idée complète du phénomène, cette autre périodicité si remarquable, non plus dans les nombres, mais dans la distribution géographique des taches, soupçonnée par M. Carrington, mise en pleine

lumière par M. Spœrer, qui consiste en ceci : lorsque, après un minimum, les taches commencent à reparaître sur le disque du Soleil, elles débutent brusquement par les hautes latitudes, puis se restreignent progressivement vers les zones voisines de l'équateur jusqu'à l'époque du minimum suivant.

« Voilà certes un ensemble de faits bien étonnants et bien difficiles à expliquer. Si l'on adopte la théorie que j'ai donnée[1] de la production des courants horizontaux de la photosphère, courants parallèles à l'équateur et au sein desquels se produisent des gyrations descendantes (les pores et les taches), on est conduit à penser que la couche profonde interne, à laquelle aboutissent les mouvements verticaux descendants et d'où partent les mouvements verticaux ascendants qui alimentent la photosphère, n'est pas absolument fixe. Lorsque le refroidissement y atteint une certaine limite, l'équilibre, par rapport aux couches encore plus profondes, y devient instable et finit par se rompre. Ce n'est qu'après un remaniement intérieur plus ou moins long, ayant pour effet de propager ce refroidissement jusqu'au centre, que les choses se rétablissent dans le premier état. Alors le phénomène régulier reprend son cours sur de nouveaux frais.

« L'existence d'une seconde période semble indiquer que les matériaux qui montent alimenter la photosphère, et qui retombent ensuite vers le centre du Soleil dans un autre état physique ou chimique, sont de plusieurs espèces, de deux principales par exemple, auxquelles répondraient des étages différents pour leur dissociation.

« Quoi qu'il en soit de ces aperçus, on reconnaîtra que le dernier travail de M. le Directeur de l'Observatoire de Zurich vient de faire faire un pas décisif à l'étude des taches du Soleil, étude qui devait déjà à ce savant tant d'importants résultats. »

[1] On peut voir un exposé très succinct de cette théorie dans l'ouvrage que M. Simon Newcomb a publié, il y a peu d'années, en Amérique sous le titre de *Popular Astronomy*. Cet excellent livre a été traduit en allemand.

CHIMIE

F. Krafft. Étude de 19 hydrocarbures appartenant aux termes supérieurs de la série C^nH^{2n+2}. (*Berichte de Berlin*, XV, 1688 à 1727. Bâle.)

L'auteur en préparant l'acide undecylique par la réduction de l'acide undecylénique au moyen de l'acide iodhydrique et du phosphore, avait remarqué qu'il est inutile de prolonger l'action réductrice et que, sans cela, le rendement au lieu d'augmenter diminue. Si l'on prolonge l'opération, on obtient en effet deux produits dont le plus intéressant est un liquide bouillant vers 195°. — La même réaction essayée avec des acides homologues de l'acide formique, donne un résultat encore plus net, et le produit obtenu n'est autre chose que l'hydrocarbure contenant le même nombre d'atomes de carbone que l'acide qui a servi à le préparer.

On procède dans tous les cas de la manière suivante : On introduit dans un tube de verre à parois épaisses 2-4 grammes de l'acide à réduire, 3 à 4 d'acide iodhydrique (d=1,7) et 0,3 à 0,4 de phosphore rouge. On chauffe à 210°-240° pendant 3 à 5 heures, en ayant soin cependant de ne pas pousser jusqu'au point où des quantités sensibles d'iode seraient mises en liberté. On répète deux ou trois fois cette opération en ouvrant le tube pour y ajouter à nouveau du phosphore et la dernière fois une petite quantité d'eau. — On obtient ainsi en général un produit formé de trois couches, dont l'hydrocarbure occupe la partie supérieure. — On le décante et on le lave; s'il est solide, on emploie de l'eau chaude ou on le purifie par dissolution dans l'éther. Les produits sont encore purifiés par des distillations avec de la vapeur d'eau et dans le vide, ainsi que par un traitement à chaud, avec une dissolution de potasse caustique. — Les produits solides sont dissous dans un liquide convenable et purifiés par cristallisation.

On peut aussi obtenir ces hydrocarbures en partant des acétones $C^nH^{2n}O$. On traite ces dernières par le pentachlorure de phosphore, dont on élimine l'excès par distillation. — Le

produit, sans autre purification, est traité par le mélange de phosphore et d'acide iodhydrique, comme les acides. On peut opérer sur de plus grandes quantités et le produit est généralement plus pur que dans le cas des acides.

L'auteur a préparé ainsi 19 hydrocarbures, depuis le nonane C^9H^{20} jusqu'au pentatriacontane $C^{35}H^{72}$; jusqu'au tétracosane $C^{24}H^{50}$, la série est complète, aucun terme ne fait défaut. Nous examinerons rapidement ces divers hydrocarbures.

Le *nonane* préparé au moyen de l'acide nonylique est solide à 51° et bout à 149°,5 à la pression normale, sa densité à 15° est 0,7217.

Le *décane* a été préparé par l'acétone correspondante, celle-ci par la distillation d'un mélange de nonylate et d'acétate de baryte. Il bout à 173° et se solidifie à — 32. Sa densité à 0° est 0,7456. — Obtenu avec l'acide caprinique, il offre les mêmes propriétés.

L'*undécane* $C^{11}H^{24}$ est obtenu à l'aide de l'acétone correspondante (extraite de l'huile de rue). Il bout à 194,5 et fond à — 26°, 5. — Les propriétés sont les mêmes si on le prépare par l'acide undecylique,obtenu lui-même par l'oxydation de l'acétone $C^{13}H^{26}O$.

Le *dodécane* obtenu par l'acide laurique bout à 214°,5, (on avait trouvé précédemment 201,) et fond à — 12°. Le *tridécane* $C^{13}H^{28}$, peut être obtenu de deux manières, réduction de l'acétone $C^{13}H^{26}O$ et réduction de l'acide tridecylique ; les deux produits sont identiques, fondent à — 6° et entrent en ébullition à 234°. A mesure que l'on avance ainsi dans la série, l'odeur de ces hydrocarbures qui ressemble à celle du chloroforme diminue et finit par disparaître. On voit aussi que les points de fusion et d'ébullition s'élèvent.

On peut obtenir ainsi successivement et par les mêmes procédés: le *tétradécane* $C^{14}H^{30}$, fusible à 4°,5 et bouillant à 252°,5 (*d* à 15° 0,7681,) le *pentadécane* $C^{15}H^{32}$, fondant à 10° et bouillant à 270,5. — L'*hexadécane* $C^{16}H^{34}$, fond à 18° et bout à 287,5; les points de fusion trouvés précédemment pour ce corps diffèrent notablement entre eux. — L'*heptadécane*, fond à 22°,5 et bout à 303. Il cristallise en magnifiques tables hexagonales, lorsqu'on en place une couche

fondue de 2 à 3 mm. dans une grande capsule et qu'on laisse lentement refroidir. On l'obtient en particulier par la réduction de l'acide margarique préparé synthétiquement. L'*octadécane*, préparé avec l'acide stéarique bout à 317° et fond à 28°. Le *nonadécane* fond à 32° et bout à 330.— Tous les hydrocarbures précédents forment une série homologue de composés, que l'on pourrait appeler normaux; on les prépare en effet, au moyen d'acides et d'acétones qui dérivent les uns des autres toujours par le même procédé et appartiennent par conséquent à une même série.

Parmi les conclusions que l'on peut tirer de l'examen des constantes physiques de ces divers hydrocarbures, la plus intéressante est tirée de leur densité à l'état liquide. Si l'on détermine ces densités à la température du point de fusion, on voit qu'elles ont toutes la même valeur, c'est-à-dire que des volumes égaux de paraffines normales ont tous le même poids. Il était intéressant de voir si cette règle se retrouverait dans des carbures d'hydrogène d'un poids moléculaire encore plus élevé. — L'auteur dans ce but a préparé certaines acétones, telles que la laurone, la myristone, afin de les transformer en hydrocarbures. Le laurone a fourni ainsi le *tricosane* $C^{23}H^{48}$, fondant à 47,7, et la myristone l'*eptacosane* $C^{27}H^{56}$, fondant à 59,5. Leur densité à la température de fusion est conforme à la règle. La palmitone fournit d'une façon analogue le *hentriacontane* $C^{31}H^{64}$, fondant à 68°,1 et bouillant à 302 sous une pression de 15 mm. — La stéarone préparée d'abord par Heintz donne toujours par les mêmes réactions, le pentatriacontane $C^{35}H^{72}$ peu soluble même dans l'éther et fusible à 74°,7. — L'auteur a pu enfin obtenir par la distillation d'un mélange d'heptylate de chaux avec les sels correspondants des acides myristique, palmitique ou stéarique, des acétones qui, transformées en hydrocarbures par le procédé connu, lui ont fourni trois nouveaux termes de sa série. Ce sont l'*eicosane* $C^{20}H^{42}$, fondant à 36°,7, le *dicosane* $C^{22}H^{46}$ fusible à 44°,4 et le *tétracosane* $C^{24}H^{50}$ fondant à 51°,1. L'*heneicosane* s'obtient enfin par la réduction de l'acétone résultant de la distillation de l'undecylenate de baryte. Il fond à 40°,6. — L'examen des densités de ces nouveaux corps a confirmé la règle que nous avons indiquée

ci-dessus, en sorte qu'elle peut être admise même pour les huit homologues qui n'ont pas encore été préparés.

Cette règle peut d'après l'auteur s'expliquer par le fait que les hydrocarbures examinés ont une composition centésimale très peu différente les uns des autres. Les propriétés physiques d'un corps dépendent de la nature des éléments qu'il renferme, de leur quantité, c'est-à-dire de leur poids moléculaire et de la quantité de chaleur qu'ils contiennent. En prenant les hydrocarbures de la série grasse au-dessus du 10e. on a des corps dont on peut admettre la composition centésimale comme constante. On élimine ainsi une des variables du problème. La quantité de chaleur augmentant proportionnellement au poids moléculaire, puisqu'on prend les densités à la température du point de fusion, son influence est négligeable. On peut ainsi se poser d'une manière générale le problème suivant : Quels changements subit le volume moléculaire lorsque le poids moléculaire varie ? La règle ci-dessus montre que pour les hydrocarbures examinés le volume moléculaire est directement proportionnel au poids moléculaire.

L'auteur termine son mémoire en montrant qu'il en est de même pour toutes les substances qui ont même composition centésimale, et qui renferment une quantité de chaleur proportionnelle à leur poids moléculaire.

H. Goldschmidt. Synthèse de carbures aromatiques. (*Berichte*, XV, p. 1425. Zurich.)

L'auteur a remarqué qu'en chauffant lentement un mélange d'alcool isobutyrique, de benzol et de chlorure de zinc, on obtenait d'autres produits de condensation que si l'on porte rapidement le mélange à une température élevée; cela provient de ce que le benzol n'agit qu'à partir d'une certaine température, à peu près à 300° ; au-dessous le chlorure de zinc agit presque seul sur l'alcool.

V. Merz et W. Weith. Synthèse de l'acide oxalique. (*Berichte*, XV, p. 1507. Zurich.)

L'oxalate de soude peut s'obtenir en chauffant rapidement à 400° le formiate de soude, le rendement est d'environ 70 %. Si l'on chauffe seulement à 360° il se forme beaucoup plus de carbonate de soude.

Le formiate de potasse, chauffé à 360°, ne donne que du carbonate, mais à une température plus élevée il se forme aussi de l'oxalate, tandis que les formiates de chaux, baryte et magnésie ne donnent que du carbonate.

ZOOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE

T. Meehan. Apparent bird tracky by the sea-shore..... Impressions ressemblant a celles des pieds d'oiseaux, faites sur la grève par la Hippa talpoidea. (*Proc. Acad. Nat. sciences Philad.*, 1882, II, p. 238.)

L'auteur a fait une observation qu'on ne peut s'empêcher de rapprocher des opinions défendues par Nathorst d'une part et par Saporta de l'autre. Sur la plage à marée basse, il vit des traces que tout le monde prendrait pour l'empreinte de pas d'oiseaux sur le sable fin. En y regardant de plus près, il vit que la cause de ces sillons est un petit crustacé, *Hippa talpoidea*, qui plante sa tête dans le sable. L'eau des petites vagues en s'écoulant, butte contre le corps et les deux jambes de derrière de l'animal et se divise en trois courants qui creusent trois sillons divergents, longs de 4 à 5 centimètres, et pareils à ceux que laisserait le pied d'un oiseau. Ces petits crustacés étant distribués à des distances à peu près égales, les marques paraissent souvent être en lignes régulières. Nul doute que les agents qui peuvent conserver les empreintes de pas ne puissent aussi fixer indéfiniment les sillons creusés par l'eau et ces petits crustacés. H. F.

Albert Vayssière. Recherches sur l'organisation des larves des Éphémérines. (*Annales des Sciences naturelles*, 6me série, t. XIII, 1882, 140 p. et 11 pl.)

Dans ce mémoire, M. Vayssière étudie d'une manière complète les modifications que subissent les appendices respiratoires pendant la vie larvaire chez l'*Heptagenia longicauda ;* il décrit ensuite la forme des autres larves au moment où elles arrivent à l'état nymphal en s'occupant particulièrement de la structure de leurs organes respiratoires externes; après cela, il traite de l'appareil circulatoire, des organes digestifs et spécialement des appendices buccaux, et enfin du système nerveux.

Parmi les formes larvaires les plus intéressantes que l'auteur a pu observer, on doit mentionner surtout celles des genres *Bœtisca* Walsh et *Prosopistoma* Latr. On sait que Latreille avait décrit cette dernière comme un crustacé, et que ce sont MM. N. et Em. Joly et M. Vayssière[1] qui nous ont fait connaître la vraie position et les métamorphoses de ce type curieux. L'on trouvera ici de nombreux détails sur la structure et les mœurs de la larve.

Malgré les recherches anatomiques dont les appendices buccaux des Articulés ont été l'objet et malgré l'emploi constant de ces organes en zoologie descriptive, — peut-être aussi un peu à cause de cet emploi empirique, — leurs homologies ne sont pas encore bien établies. Des confusions et une synonymie assez embrouillée rendent les comparaisons souvent incertaines. Les descriptions et les figures que nous donne M. Vayssière fourniront des documents utiles pour la connaissance des pièces buccales chez les Éphémérines.

Le tube digestif ne présente pas de variations bien considérables. Il en est autrement pour le système nerveux qui offre d'un genre à l'autre des différences extrêmement grandes, principalement en ce qui concerne le nombre des centres.

A. H.

[1] Voyez A. Vayssière, Étude sur l'état parfait du *Prosopistoma punctifrons*. (*Annales des Sciences naturelles*, 6me série, t. XI, 1881. *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 3me période, t. VI, juillet 1881, p. 101.)

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1883

Le 1er, faible gelée blanche le matin.
2, très forte bise toute la journée.
3, id.
4, forte bise jusqu'à 8 h. du soir.
6, gelée blanche le matin ; quelques flocons de neige à 2 h. et à 6 h. du soir.
7, neige le soir ; hauteur de la neige 25mm.
8, légère neige dans la journée.
9, quelques flocons de neige à 4 h. du soir ; assez forte bise l'après-midi.
10, neige le matin ; hauteur 45mm.
12, id. ; hauteur 20mm.
14, neige dans la nuit ; hauteur 35mm.
15, assez fort vent l'après-midi.
20, gelée blanche le matin.
21, brouillard depuis 10 h. du matin à 1 h. du soir ; hâlo lunaire partiel le soir.
22, forte bise toute la journée.
23, forte bise jusqu'à 4 h. du soir ; neige depuis 10 h. du matin ; hauteur 80mm.
27, à 1 h. du soir violent coup de vent avec pluie et neige.
28, neige dans la nuit ; hauteur 10mm.
29, gelée blanche le matin.
30, forte gelée blanche le matin ; assez fort vent l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 8 h. matin	734,04	Le 2 à 4 h. soir	729,66
3 à 10 h. soir	735,80	10 à 6 h. matin	708,08
13 à 10 h. soir	729,08	16 à 2 h. soir	716,09
18 à 10 h. matin	721,78	21 à 4 h. soir	713,88
24 à 10 h. matin	724,52	26 à 2 h. soir	709,20
29 à 8 h. matin	732,96	30 à 4 h. soir	723,94
31 à 10 h. soir	726,97		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm
1	733,16	+ 7,33	+ 5,68	+ 2,70	+ 3,0	+ 8,8	4,93	+0,46	724	— 64	350	850	...	...	NNE. 1	0,62	+7,1	+ 1,7	127,0
2	731,14	+ 5,38	+ 3,91	+ 0,82	+ 1,0	+ 7,5	3,48	—1,00	596	—190	410	770	...	...	NNE. 3	0,23	6,9	+ 1,4	132,0
3	734,35	+ 8,65	+ 0,54	— 2,66	— 1,9	+ 4,3	3,35	—1,14	707	— 76	390	800	...	...	NNE. 3	0,10	5,1	— 0,4	129,5
4	734,63	+ 8,99	+ 0,74	— 2,58	— 2,3	+ 4,8	2,97	—1,54	626	—155	420	740	...	...	NE. 2	0,24	...	.....	126,0
5	733,00	+ 7,42	+ 1,09	— 2,34	— 1,6	+ 5,4	3,25	—1,27	670	—109	450	780	...	...	NNE. 1	0,09	5,7	+ 0,1	125,5
6	724,06	— 1,47	— 0,02	— 3,57	— 4,0	+ 6,4	3,44	—1,09	770	— 6	400	970	...	...	SSO. 1	0,77	5,8	+ 0,2	123,5
7	715,30	—10,17	— 0,39	— 4,05	— 2,1	+ 3,0	3,82	—0,73	829	+ 55	660	960	1,3	3	variable	0,96	5,8	+ 0,1	123,7
8	712,57	—12,84	— 1,92	— 5,70	— 3,0	+ 1,5	3,33	—1,23	855	+ 84	640	950	...	...	variable	0,92	5,7	0,0	122,5
9	714,17	—11,19	— 2,39	— 6,29	— 3,6	— 0,5	3,25	—1,33	860	+ 91	700	960	...	...	NNE. 2	0,99	5,6	— 0,2	123,7
10	710,05	—15,25	— 3,27	— 7,29	— 5,1	— 1,0	3,02	—1,57	863	+ 97	740	930	2,0	5	SSO. 1	0,99	5,5	— 0,3	123,1
11	714,95	—10,30	— 3,79	— 7,93	— 6,9	— 0,4	2,74	—1,87	801	+ 37	640	970	...	...	variable	0,41	...	.....	122,0
12	716,83	— 8,37	— 2,42	— 6,68	— 4,0	+ 1,1	2,96	—1,67	785	+ 24	560	920	1,3	3	variable	0,73	5,4	— 0,5	122,8
13	727,02	+ 1,87	— 3,13	— 7,51	— 5,6	+ 0,9	2,64	—2,00	735	— 24	560	920	...	...	SSO. 1	0,69	5,3	— 0,7	123,0
14	726,00	+ 0,90	— 0,46	— 4,97	— 6,8	+ 4,4	3,10	—1,56	708	— 48	420	940	1,7	4	variable	0,75	5,4	— 0,6	121,5
15	718,59	— 6,46	+ 3,16	— 1,47	— 1,7	+ 7,9	2,83	—1,85	522	—232	290	870	0,3	2	SSO. 2	0,57	5,4	— 0,7	119,2
16	716,76	— 8,25	+ 5,08	+ 0,33	+ 2,0	+ 8,3	5,03	+0,33	771	+ 20	610	860	4,3	6	SO. 1	0,97	5,7	— 0,5	120,7
17	720,19	— 4,77	+ 3,84	— 1,04	+ 2,2	+ 6,4	5,15	+0,43	864	+115	710	960	...	...	N. 1	0,78	5,8	— 0,4	123,0
18	721,31	— 3,61	+ 4,52	— 0,48	+ 1,6	+ 7,9	5,24	+0,50	831	+ 84	680	940	...	...	N. 1	0,78	...	.....	122,0
19	717,38	— 7,50	+ 6,44	+ 1,31	+ 2,8	+11,6	5,12	+0,35	728	— 16	490	930	...	...	variable	0,72	6,2	— 0,1	120,6
20	715,65	— 9,19	+ 4,05	— 1,21	+ 0,3	+ 7,7	5,62	+0,83	906	+164	740	1000	1,2	4	variable	0,89	6,1	— 0,3	120,5
21	714,49	—10,32	+ 5,16	— 0,22	+ 3,8	+ 7,6	5,46	+0,64	844	+104	760	900	...	...	N. 1	0,85	6,3	— 0,2	120,0
22	719,63	— 5,14	+ 1,66	— 3,85	— 0,5	+ 5,3	4,15	—0,69	824	+ 86	730	890	...	...	NNE. 2	1,00	6,3	— 0,2	122,0
23	722,48	— 2,26	— 2,02	— 7,66	— 2,1	0,0	3,53	—1,34	907	+172	750	1000	5,5	12	NNE. 2	1,00	6,0	— 0,6	121,8
24	723,55	— 1,16	+ 2,86	— 2,91	— 1,9	+ 6,7	5,17	+0,27	892	+159	790	970	...	...	variable	0,97	5,7	— 1,0	119,5
25	716,71	— 7,97	+ 8,28	+ 2,38	+ 3,4	+13,2	4,90	—0,03	620	—111	410	920	...	...	S. 1	0,24	...	.....	120,0
26	710,05	—14,60	+ 6,13	+ 0,10	+ 4,0	+ 8,8	5,24	+0,28	749	+ 20	630	870	1,3	4	SSO. 1	0,96	6,1	— 0,7	120,0
27	713,95	—10,68	+ 3,95	— 2,22	+ 0,9	+ 7,7	3,95	—1,04	662	— 65	360	780	1,0	1	SSO. 1	0,65	6,1	— 0,8	118,5
28	727,95	+ 3,35	+ 1,54	— 4,76	— 1,3	+ 4,6	2,98	—2,05	600	—125	370	750	0,3	1	NE. 1	0,52	5,9	— 1,1	119,0
29	731,76	+ 7,18	+ 2,90	— 3,53	— 2,5	+ 6,9	3,09	—1,97	572	—151	310	890	...	...	variable	0,07	5,9	— 1,1	121,0
30	725,54	+ 0,98	+ 7,22	+ 0,66	— 1,4	+14,7	4,34	—0,75	570	—151	340	900	...	...	SSO. 1	0,61	6,3	— 0,8	119,5
31	724,72	+ 0,17	+ 9,51	+ 2,81	+ 6,1	+15,1	6,28	+1,15	731	+ 12	400	950	6,0	14	SSO. 1	0,88	6,7	— 0,5	120,3

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,53	724,81	724,78	724,30	723,70	723,40	723,68	723,66	723,40
2e »	719,33	719,63	719,81	719,48	719,08	719,16	719,28	719,82	719,89
3e »	720,98	721,05	721,15	720,78	720,53	720,73	721,15	721,92	722,21
Mois	721,59	721,80	721,89	721,50	721,09	721,08	721,36	721,80	721,85
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 1,02	— 0,75	+ 0,91	+ 2,31	+ 2,73	+ 2,72	+ 1,53	+ 0,32	— 0,37
2e »	— 1,06	+ 0,25	+ 2,53	+ 4,24	+ 4,45	+ 4,20	+ 3,20	+ 2,35	+ 1,64
3e »	+ 1,97	+ 3,55	+ 5,05	+ 6,27	+ 7,16	+ 6,73	+ 5,67	+ 4,55	+ 3,55
Mois	+ 0,03	+ 1,11	+ 2,90	+ 4,34	+ 4,86	+ 4,62	+ 3,56	+ 2,48	+ 1,67
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	3,26	3,53	3,59	3,49	3,66	3,26	3,61	3,71	3,63
2e »	3,96	4,01	3,95	3,91	4,05	4,04	4,21	4,39	4,22
3e »	4,45	4,49	4,39	4,48	4,26	4,55	4,61	4,62	4,68
Mois	3,91	4,03	3,99	3,97	4,00	3,97	4,16	4,25	4,19
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	762	804	725	647	663	601	715	780	810
2e »	908	833	708	613	640	644	718	785	790
3e »	835	746	678	645	579	618	669	721	779
Mois	835	793	703	635	626	621	700	761	793

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 1,96	+ 4,02	0,59	+ 5,91	3,3	125,65
2e »	— 1,61	+ 5,58	0,73	+ 5,66	8,8	121,53
3e »	+ 0,77	+ 8,24	0,70	+ 6,13	14,1	120,15
Mois	— 0,88	+ 6,02	0,68	+ 5,92	26,2	122,37

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,51 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 10°,0 O. et son intensité est égale à 70,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1883.

Le 1er, assez forte bise dans la journée; brouillard le soir.
4, assez forte bise le matin; brouillard à 10 h. du matin.
6, forte bise toute la journée; légère neige à midi; brouillard l'après-midi.
7, id. ; brouillard à 6 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
8, assez forte bise jusqu'à 8 h. du soir.
9, neige dans la nuit; fort vent toute la journée; brouillard l'après-midi.
10, brouillard par une forte bise toute la journée.
11, brouillard matin et soir; forte bise tout le jour.
12, brouillard tout le jour par une très forte bise.
13, très-forte bise tout le jour; brouillard depuis 2 h. du soir.
14, forte bise le matin.
15, assez fort vent l'après-midi.
16, neige le matin et l'après-midi.
19, brouillard presque tout le jour; neige à 6 h. du soir; fort vent l'après-midi.
20, forte bise depuis midi; brouillard le soir.
23, brouillard jusqu'à 4 h. du soir.
24, neige et brouillard dans la journée.
26, neige dans la journée.
27, neige par une forte bise l'après-midi.
28, brouillard jusqu'à 4 h. du soir; très-forte bise tout le jour.
29, forte bise jusqu'à 6 h. soir.
31, neige par un assez fort vent le soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 6 h. matin	566,14	Le 2 à 8 h. soir	563,09
4 à 10 h. soir	565,83	8 à 8 h. matin	544,23
9 à 10 h. matin	547,27	10 à 10 h. matin	541,28
14 à 6 h. matin	556,12	16 à 6 h. matin	551,85
18 à 10 h. soir	558,99	21 à 6 h. matin	551,08
24 à 8 h. matin	558,32	26 à 4 h. soir	548,23
29 à 10 h. soir	563,42	31 à 2 h. soir	561,84

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum des 9 observat.	Maximum des 9 observat.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	565,65	+ 5,96	565,42	566,14	— 4,71	+ 3,52	— 5,7	— 2,7	.....	.....	....	NE.	1	0,74
2	563,64	+ 3,96	563,09	564,73	— 7,14	+ 1,03	—10,3	— 4,0	.....	.....	....	NE.	1	0,14
3	564,30	+ 4,62	563,22	565,33	—12,47	— 4,36	—13,7	—10,8	.....	.....	....	NE.	1	0,12
4	564,79	+ 5,12	562,55	565,83	—12,30	— 4,25	—14,8	— 9,4	.....	.....	....	NE.	1	0,24
5	563,81	+ 4,14	562,25	564,73	— 7,14	+ 0,85	— 8,8	— 3,2	.....	.....	....	NE.	1	0,01
6	553,78	— 5,88	549,46	559,93	—12,13	— 4,21	—15,7	— 8,2	.....	.....	....	NE.	2	0,68
7	546,56	—13,10	546,22	547,27	—15,73	— 7,88	—16,5	—13,3	.....	.....	....	NE.	2	0,88
8	544,84	—14,82	544,23	546,17	—16,39	— 8,61	—17,8	—13,2	.....	.....	....	NE.	2	0,83
9	546,80	—12,87	545,59	547,27	—15,67	— 7,96	—16,7	—14,2	160	7,9	....	SO.	2	0,94
10	542,49	—17,18	541,28	543,71	—15,91	— 8,27	—18,6	—12,8	.....	.....	....	NE.	2	0,98
11	545,32	—14,36	543,87	546,50	—19,06	—11,50	—19,8	—16,9	130	5,6	....	NE.	2	0,81
12	546,19	—13,50	544,66	548,26	—18,89	—11,41	—20,4	—16,8	.....	.....	....	NE.	3	1,00
13	553,57	— 6,13	550,86	555,67	—19,85	—12,45	—21,8	—17,7	.....	.....	....	NE.	3	0,64
14	555,80	— 3,91	555,34	556,12	—14,72	— 7,40	—18,0	—12,4	.....	.....	....	NE.	1	0,42
15	553,33	— 6,40	552,84	554,55	—10,82	— 3,59	—12,4	— 7,7	.....	.....	....	SO.	1	0,62
16	552,78	— 6,97	551,85	553,90	— 8,95	— 1,81	—12,0	— 6,2	160	4,5	....	SO.	1	0,90
17	555,21	— 4,56	554,18	556,14	— 7,70	— 0,65	—11,2	— 3,4	.....	.....	....	NE.	1	0,23
18	557,98	— 1,81	556,34	558,99	— 8,55	— 1,59	—10,2	— 6,7	.....	.....	....	SO.	1	0,78
19	556,36	— 3,46	555,39	557,94	— 7,20	— 0,33	— 8,4	— 5,9	70	2,3	....	SO.	2	0,97
20	552,49	— 7,36	552,34	553,21	— 5,84	+ 0,93	— 8,4	— 3,0	.....	.....	....	NE.	2	0,67
21	551,48	— 8,40	551,08	552,12	— 5,15	+ 1,52	— 7,4	— 2,2	.....	.....	....	SO.	1	0,60
22	554,23	— 5,68	552,28	556,17	— 5,53	+ 1,04	— 8,0	— 1,8	.....	.....	....	NE.	1	0,60
23	557,14	— 2,80	556,90	557,60	— 9,17	— 2,70	—10,5	— 7,5	.....	.....	....	NE.	1	0,84
24	557,69	— 2,29	556,94	558,32	— 5,82	+ 0,55	— 8,6	— 2,0	170	8,4	....	NE.	1	0,91
25	553,82	— 6,20	552,70	555,07	— 3,56	+ 2,70	— 9,8	— 0,2	.....	.....	....	NE.	1	0,24
26	549,08	—10,98	548,23	550,76	— 6,31	— 0,15	— 8,5	— 3,5	100	4,0	....	SO.	1	0,87
27	550,22	— 9,88	548,76	552,23	— 9,44	— 3,39	—12,9	— 5,4	110	7,4	....	NE.	2	0,90
28	556,99	— 3,16	553,26	560,36	—15,14	— 9,20	—16,0	—13,5	.....	.....	....	NE.	3	0,74
29	562,56	+ 2,36	561,53	563,42	— 9,64	— 3,81	—17,3	— 6,1	.....	.....	....	NE.	2	0,01
30	562,18	+ 1,93	561,91	562,54	— 1,39	+ 4,33	— 4,5	+ 1,6	.....	.....	....	SO.	1	0,52
31	562,31	+ 2,01	561,84	563,04	— 2,56	+ 3,04	— 5,5	+ 1,7	80	2,3	....	SO.	1	0,67

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	556,01	555,97	555,86	555,80	555,75	555,53	555,58	555,46	555,30
2e »	552,44	552,38	552,74	552,80	552,79	552,95	553,25	553,54	553,52
3e »	555,66	555,86	556,03	556,05	555,98	556,19	556,40	556,70	556,80
Mois	554,73	554,77	554,91	554,92	554,87	554,94	555,12	555,28	555,26
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—11,74	—11,66	—10,69	—10,11	—10,18	—11,25	—12,33	—12,85	—12,95
2e »	—13,89	—13,02	—11,57	—10,61	— 9,99	—10,77	—11,67	—12,05	—11,99
3e »	— 8,87	— 6,45	— 5,57	— 4,41	— 4,15	— 4,80	— 6,37	— 7,69	— 8,14
Mois	—11,42	—10,25	— 9,16	— 8,25	— 7,98	— 8,81	—10,00	—10,76	—10,93

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	—13,86	— 9,18	0,56	7,9	160
2e »	—14,26	— 9,67	0,70	12,4	360
3e »	— 9,91	— 3,54	0,63	22,1	460
Mois	—12,59	— 7,34	0,63	42,4	980

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,14 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 79,9 sur 100.

NOTE

SUR LA

RÉFRACTION COMÉTAIRE

PAR

M. Gustave CELLÉRIER

Nous résumons ici les résultats principaux d'un travail publié dernièrement [1], auquel nous renvoyons pour tous développements analytiques.

Le but de ce travail est d'établir les formules déterminant, d'après les observations, la puissance réfractive moyenne d'une région cométaire.

Dans un article précédent [2], nous supposions la comète cylindrique et composée de couches cylindriques homogènes.

La recherche faite alors est ici reprise en supposant que la forme extérieure est une surface de révolution et que la constitution est symétrique autour de l'axe de cette surface. Ainsi que précédemment, la chevelure se comporte optiquement comme un gaz.

Un premier point à remplir est la transformation des

[1] *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat.*, t. XXVIII, 1883.
[2] *Arch. des sc. phys.*, t. VIII, octobre 1882.

réfractions observées en un système de coordonnées relatif aux éléments géométriques de la forme cométaire. Une étoile est vue à travers la comète; ses coordonnées équatoriales absolues sont α, δ, ses coordonnées apparentes sont $\alpha + \Delta\alpha$, $\delta + \Delta\delta$. Le rayon lumineux visuel forme avec l'axe de la comète un angle $90° - \theta$ qui varie de $\Delta\theta$ dans le trajet de ce rayon à travers la comète; dans le même trajet, la projection de ce même rayon sur un plan normal à l'axe cométaire éprouve une déviation Δs. La résolution de triangles sphériques conduit aux équations de condition entre Δs et $\Delta\theta$ d'une part et $\Delta\alpha$ et $\Delta\delta$ de l'autre.

En appelant a, D les coordonnées héliocentriques équatoriales de la comète, et l, h des angles auxiliaires, on a

$$\text{tang}\, l = \cos a \cos \text{D}\ , \quad \sin\theta = \sin \text{D} \frac{\sin(\delta + l)}{\cos l}$$

$$\sin h \cos\theta = \sin a \cos \text{D}\,, \quad \cos h \cos\theta = \sin\theta \cot(\delta + l)$$

où θ est compris entre $-90°$ et $+90°$.

Les équations de condition sont alors

$$\Delta\theta \sin h + \Delta s \cos\theta \cos h + \Delta\alpha \cos\delta = o$$

$$\Delta\theta \cos h - \Delta s \cos\theta \sin h + \Delta\delta = o$$

Il importe de déterminer la position du rayon lumineux par rapport à la comète. Soit au point visé r le rayon du profil extérieur de la comète; soit $r \sin\omega$ la distance apparente du point visé à l'axe apparent de la

comète; r et $r \sin \omega$ peuvent s'obtenir directement par l'observation. On obtient de même $\zeta \cos \theta$, distance apparente du pied des ordonnées r et $r \sin \omega$ au centre du noyau cométaire pris comme origine des coordonnées.

Assimilons à un cône une petite région cométaire; l'ouverture vraie de ce cône a une tangente trigonométrique que nous appelons K. Soit

$$k = \frac{r_1 - r_0}{\zeta_1 - \zeta_0}$$

pour deux positions différentes de l'étoile, on aura

$$K = \frac{k}{\sqrt{1 + k^2 \operatorname{tang}^2 \theta}}$$

Les rayons vrais de la surface conique aux points d'incidence et d'émersion sont alors donnés par les expressions

$$R' = r\left(\sqrt{1 + k^2 \operatorname{tang}^2 \theta} + k \operatorname{tang} \theta \cos \omega\right)$$

$$R'' = r\left(\sqrt{1 + k^2 \operatorname{tang}^2 \theta} - k \operatorname{tang} \theta \cos \omega\right)$$

Reste à chercher les expressions de Δs, $\Delta \theta$ en fonction de la puissance réfractive.

Prenons comme axe des z celui de la surface de révolution et posons $x^2 + y^2 = \rho^2$; désignons par $F(\rho, z)$ la densité au point x, y, z et pour abréger appelons p, q les dérivées $\frac{dF}{d\rho}, \frac{dF}{dz}$. Le trajet du rayon lumineux dans la comète est une courbe à double courbure que l'on détermine en exprimant la loi du passage à travers une sur-

face de niveau $pd\rho + qdz = o$. On peut poser $x = \rho \sin\lambda$, $y = \rho\cos\lambda$ et représenter par

$$\cos\theta \sin s\ , \quad \cos\theta \cos s\ , \quad \sin\theta$$

les cosinus des angles formés par la tangente à la courbe avec les axes de coordonnées rectangulaires. Soit encore $p = q \operatorname{tang} \varphi$, et soit n l'indice, on obtient comme équation de réfraction

$$ds \cos\theta = \frac{dn}{n} \frac{\sin\varphi \sin(\lambda - s)}{\sin\theta \cos\varphi + \cos\theta \sin\varphi \cos(\lambda - s)}$$

$$d\theta \cos\theta = \frac{dn}{n}\left[\frac{\cos\varphi}{\sin\theta\cos\varphi + \cos\theta \sin\varphi \cos(\lambda - s)} - \sin\theta\right]$$

d'où l'on tire

$$d\theta \operatorname{tang}\theta + ds \cot(\lambda - s) = \frac{dn}{n}$$

On a d'ailleurs

$$d\rho \operatorname{tang}(\lambda - s) + \rho d\lambda = o$$

et ces équations, traitées convenablement, permettent de trouver les intégrales Δs, $\Delta\theta$ de ds, $d\theta$.

Si l'on désigne d'abord par ε la puissance réfractive qui correspond à une densité moyenne F_0, on a sensiblement

$$\frac{dn}{n} = \frac{\varepsilon}{2F_0}(pd\rho + qdz)$$

Comme la déviation est très faible, il importe de regarder les valeurs finies de θ comme constantes dans les expressions précédentes. Et l'on arrive finalement aux intégrales

$$\Delta s = \frac{\varepsilon r \sin \omega}{2 F_0 \cos^2 \theta} \left\{ \int_{R'}^{r \sin \omega} \frac{p d\rho}{\sqrt{\rho^2 - r^2 \sin^2 \omega}} + \int_{R''}^{r \sin \omega} \frac{p d\rho}{\sqrt{\rho^2 - r^2 \sin^2 \omega}} \right\}$$

$$\Delta \theta = \frac{\varepsilon}{2 F_0 \cos^2 \theta} \left\{ \int_{R'}^{r \sin \omega} \frac{q\rho\, d\rho}{\sqrt{\rho^2 - r^2 \sin^2 \omega}} + \int_{R''}^{r \sin \omega} \frac{q\rho\, d\rho}{\sqrt{\rho^2 - r^2 \sin^2 \omega}} \right\}$$

expressions dans lesquelles il faut remplacer p, q par $\frac{dF}{d\rho}$, $\frac{dF}{dz}$; z par $\zeta + \operatorname{tang} \theta \sqrt{\rho^2 - r^2 \sin^2 \omega}$ dans les premières intégrales et par $\zeta - \operatorname{tang} \theta \sqrt{\rho^2 - r^2 \sin^2 \omega}$ dans les secondes.

On donne une forme plus simple aux expressions précédentes en posant

$$\rho^2 = u \ , \quad F(\rho , z) = f(u , z)$$

d'où

$$\Delta s = \frac{\varepsilon\, r \sin \omega}{F_0 \cos^2 \theta} \int_{v'}^{v''} \left(\frac{df}{du} \right) dv$$

$$\Delta \theta = - \frac{\varepsilon}{2 F_0 \sin \theta \cos \theta} \int_{v'}^{v''} \left(\frac{df}{du} \right) v dv$$

où l'on a remplacé u par $r^2 \sin^2 \omega + v^2$ et z par $\zeta + v \operatorname{tang} \theta$, et où

$$v' = r\left(k \operatorname{tang} \theta + \cos \omega \sqrt{1 + k^2 \operatorname{tang}^2 \theta}\right)$$

$$v'' = r\left(k \operatorname{tang} \theta - \cos \omega \sqrt{1 + k^2 \operatorname{tang}^2 \theta}\right)$$

Le rayon extérieur R entre dans $\frac{df}{du}$ comme fonction de z; son expression est alors

$$R = K\, v \operatorname{tang} \theta + \frac{r}{\sqrt{1 + k^2 \operatorname{tang}^2 \theta}}$$

Comme application, soit

$$F = a\, F_0 \frac{R^2 - \rho^2}{\rho^2 + z^2}$$

où F_0 se rapporte par exemple au point $\rho = o$, $z = c$ et où donc

$$a = \frac{c^2}{R_c{}^2}$$

La méthode précédente, combinée à quelques transformations, conduit aux désignations et résultats suivants :

$$l^2 = r^2 \sin^2 \omega + \zeta^2 \cos^2 \theta$$

(l est la distance apparente de l'étoile au noyau)

$$m = \cos^2 \theta - K^2 \sin^2 \theta = \frac{\cos^2 \theta}{1 + k^2 \operatorname{tang}^2 \theta}$$

$$\frac{w' + w''}{2} = \left(\zeta + \frac{kr}{\cos^2\theta}\right)\frac{\sin\theta}{l}$$

$$\frac{w' - w''}{2} = \frac{r\cos\omega}{l\cos\theta}\sqrt{1 + k^2\,\text{tang}^2\,\theta}$$

$$\text{tang}\,\alpha = w' \;,\quad \text{tang}\,\beta = w''$$

$$\Delta s = \frac{a\varepsilon r\sin\omega}{l\cos\theta}\left\{\left[1 - \frac{m}{2}(1 + w'w'')\right](\alpha - \beta) - m\,\frac{w' - w''}{2}\right\}$$

$$\Delta\theta = \frac{a\varepsilon\zeta\cos\theta}{l}\left\{\left[1 - \frac{m}{2}(1 + w'w'')\right](\alpha - \beta) - m\,\frac{w' - w''}{2}\right\}$$

$$-a\varepsilon\cos\theta\left\{\frac{m}{l}\left(\zeta + \frac{kr}{\cos^2\theta}\right)(\alpha - \beta) + (1 - \text{K}^2)\sin\theta\,\log\,\text{nép}\left(\frac{\cos\beta}{\cos\alpha}\right)\right\}$$

UNIFICATION GÉOLOGIQUE

PROPOSITIONS

DU

COMITÉ SUISSE AUX COMMISSIONS INTERNATIONALES
EN VUE DE LEUR CONFÉRENCE A ZURICH EN AOUT 1883

Par suite de la fondation de la *Société géologique suisse*, en septembre 1882, à la réunion helvétique de Linthal, le précédent *Comité suisse d'unification géologique* a résilié ses fonctions entre les mains du comité de la nouvelle Société.

Ce nouveau Comité, élu le 11 septembre 1882, dans la séance constitutive de la Société géologique suisse, se trouve composé comme suit :

MM. E. Renevier, prof. à Lausanne, *président.*
Alph. Favre, prof. à Genève, *vice-président.*
Alb. Heim, prof. à Zurich, *secrétaire.*
V. Gilliéron, prof. à Bâle, *vice-secrétaire.*
F. Mühlberg, prof. à Aarau, *caissier.*
Aug. Jaccard, prof. à Neuchâtel.
E. de Fellenberg, ing. à Berne.

Outre l'administration générale de la *Société géologique*, ce Comité est chargé plus spécialement des questions

d'unification géologique, au point de vue de notre patrie. L'article 7 des statuts dit en effet : « Le Comité entre-« tient des relations internationales avec les autres socié-« tés et institutions géologiques, et pourvoit à ce que la « Suisse soit représentée dans les *Congrès géologiques* « *internationaux.* » C'est donc lui qui fonctionnera dorénavant comme *Comité suisse d'unification géologique.*

Dans ses deux premières réunions, le 12 septembre à Linthal, et le 29 décembre, à Berne, le dit Comité s'est occupé essentiellement de questions intérieures, concernant l'organisation et le développement de la *Société géologique.* Nous relèverons seulement les points suivants, d'une portée plus générale, lesquels pourront intéresser les lecteurs :

Par suite des nouvelles adhésions, la Société compte actuellement 73 membres, dont 34 Suisses romands, 26 Suisses allemands et 13 étrangers.

La Société ayant décidé de ne pas créer, pour le moment, de publication spéciale, le Comité, après entente avec les rédactions respectives, a choisi : pour *organe français* les *Archives des sciences physiques et naturelles* de Genève ; et pour *organe allemand* la *Virteljahrsschrift* de la Société des sciences naturelles de Zurich.

En vue de procurer quelque avantage aux membres de la Société géologique, et de les tenir au courant des travaux scientifiques qui doivent les intéresser plus spécialement, le Comité s'est entendu avec M. Ernest Favre, pour obtenir un tirage à part de la *Revue géologique suisse,* que celui-ci publie annuellement dans les *Archives,* afin d'en envoyer un exemplaire à chaque membre. La *Revue géologique,* pour 1882, vient de paraître et sera expédiée prochainement aux ayants droit.

L'assemblée générale de la Société géologique suisse aura lieu cette année à Zurich, pendant la session de la Société helvétique des sciences naturelles, à partir du 6 août. Les membres des *Commissions géologiques internationales* y tiendront en même temps leur conférence annuelle. L'excursion géologique se fera pendant les derniers jours de la semaine, sur les bords du lac de Lucerne, le long de l'Axenstrasse et à la Windgälle (Uri).

Nous avons obtenu en Suisse, pour la *Carte géologique internationale d'Europe*, 33 souscriptions, dont 11 individuelles, 3 de sociétés et 19 de diverses administrations, fédérales, cantonales ou communales.

M. H. Goll, qui avait été désigné comme caissier de la Société géologique, ayant donné sa démission, un des membres du Comité,

M. le prof. F. Mühlberg, à Aarau,

a été chargé de ces fonctions. C'est donc à lui dorénavant que devront être payées les cotisations. Nous profitons de l'occasion pour en aviser les membres de la Société.

La troisième session du Comité géologique a eu lieu à Berne, au Muséum d'histoire naturelle, le 9 avril dernier. Elle a été principalement consacrée aux questions d'unification, soumises à l'examen des divers Comités nationaux par la circulaire suivante de M. le prof. Capellini de Bologne, président du dernier Congrès.

Bologne, 21 mars 1883.

« En ma qualité de président de la commission inter-
« nationale de nomenclature, et après entente avec
« MM. Beyrich et Hauchecorne, directeurs de la carte
« d'Europe, et avec MM. Dewalque et Renevier, secré-

« taires des deux commissions, je prends la liberté de « vous soumettre quelques questions, qui, d'après nos « délibérations en septembre à Foix, devront être discu- « tées, et si possible tranchées, à Zurich, en août 1883, « dans la prochaine réunion des dites commissions inter- « nationales. »

« La besogne sera bien simplifiée, et la discussion faci- « litée, si je puis avoir en mains, pour cette époque, vos « avis sur les questions ci-après, qui concernent plus « spécialement la légende de la carte en voie d'exécu- « tion. »

« J'espère recevoir, le plus promptement possible, les « réponses individuelles des membres des commissions « internationales, et celles collectives des comités natio- « naux. »

J. Capellini.

Suivent sept questions, ou groupes de questions, qui avaient déjà attiré l'attention du Comité suisse à la suite du compte rendu de la conférence de Foix. Il les avait en partie discutées et, après entente sur quelques points essentiels, il avait chargé MM. Heim et Renevier de lui préparer, pour sa session d'avril, un rapport sur ces questions d'unification. C'est après avoir entendu la lecture de ce rapport, et en avoir discuté les conclusions, que le Comité a abordé les questions posées par M. Capellini. Celles-ci ont donc été sérieusement étudiées, et nous avons en outre porté notre attention sur quelques autres points, non prévus par la circulaire. Pour exposer la manière de voir du Comité suisse et motiver ses réponses et propositions, nous suivrons l'ordre des questions posées. Après quoi nous aborderons encore quelques

autres sujets importants, puis nous résumerons notre point de vue dans un *Projet de Légende,* que nous prenons la liberté de recommander aux Comités nationaux d'abord, puis aux Commissions internationales, en vue de la *Carte géologique d'Europe.*

1re Question.

« Approuvez-vous, pour la légende de la carte d'Eu-
« rope, les 27 divisions stratigraphiques mentionnées à la
« p. 8 du compte rendu de Foix, où y désirez-vous
« quelques modifications, et lesquelles ? »

Des 27 divisions indiquées, les trois premières se rapportent aux terrains *archéens* (primitifs des auteurs); 10 représentent les terrains *primaires* ou *paléozoïques ;* 8 les terrains *secondaires* ou *mésozoïques ;* les 6 dernières enfin les terrains *cénozoïques* (tertiaires et modernes). Il nous paraît qu'il y a dans ces subdivisions un manque de proportionalité trop évident, et que les terrains secondaires, et particulièrement les crétacés y sont sacrifiés, tandis qu'on fait la part du lion à certains terrains paléozoïques.

En effet, tandis que le projet n'accorde que deux subdivisions (21 et 22) au Crétacé, il en donne trois (7, 8, 9) au Dévonien, et deux au Permien (12, 13). Or à nos yeux, le Permien ne peut guère être considéré que comme une subdivision de la période carbonique ; tandis que le Crétacé, à en juger par ses faunes si variées et multipliées, représente une grande période, égale en importance, sinon supérieure au système dévonien.

Dans quelques parties de l'Allemagne, il est vrai, comme la Thuringe, par exemple, le Permien présente

2 subdivisions, de facies différents, le Zechstein et le Rothliegende, mais ce ne sont là, au point de vue paléontologique, guère que 2 étages, qu'on pourrait distinguer, si cela est nécessaire, par des pointillés bleu ou rouge, sur le fond commun gris clair qui désignerait le Carbonique supérieur ou Permien. Le Crétacé au contraire comprend au moins une dizaine de faunes successives, qui indiquent une évolution paléontologique beaucoup plus prolongée.

Nous sommes persuadés qu'un grand nombre de nos confrères partageront notre manière de voir à ce sujet, aussi demandons-nous, en modification de la légende proposée :

1° Qu'on ne fasse qu'une seule division du Permien ;

2° Qu'on divise au contraire le Crétacé en trois : inférieur (Néocomien), moyen et supérieur.

Ainsi se trouverait résolue en même temps la troisième question, relative à la place du Gault, lequel avec le Cénomanien, formerait le Crétacé moyen.

2me *Question.*

« Seriez-vous d'avis de réunir le *Rhétien* au Lias, ou « au Trias ? »

Les opinions sont très partagées sur cette question, et partagées en deux camps presque égaux. Il est d'ailleurs probable qu'on ne pourrait la trancher d'une manière absolue, sans forcer la nature. Dans tel pays les faunes rhétiennes ont incontestablement plus d'analogie avec les faunes liasiques, dans d'autres elles sont, paraît-il, plus étroitement unies aux faunes triasiques — question de facies, de nature des dépôts et de paléogéographie.

Dans les Alpes suisses où le Rhétien joue un rôle assez important, c'est notre premier terrain fossilifère marin, succédant à un Trias ordinairement sans fossiles. Par sa nature pétrographique, aussi bien que par sa faune il se relie intimement au Lias. Si donc il fallait absolument choisir, nous serions plus portés pour son annexion au Lias ; mais, vu les divergences existantes, il nous paraît beaucoup plus sage d'en faire une subdivision à part, que nous proposons de représenter par un fond bleu, avec pointillé rose. Les deux réunis donneront une teinte violette, et symboliseront fort bien sa position intermédiaire. Ce terrain ayant en général peu d'étendue, il ne figurera guère, sur une carte à si petite échelle, que comme une ligne de points roses à la limite des deux systèmes, ce qui aura l'avantage de le faire ressortir, dans les conditions les plus conformes à la nature.

3me *Question.*

« Le *Gault* devrait-il rentrer dans le Crétacé inférieur « ou dans le supérieur ? »

Nous avons déjà répondu à cette question en proposant une division intermédiaire qui comprendrait le Gault et le Cénomanien, et qui pourrait être représentée par une teinte verte moyenne, ou si l'on préfère par un pointillé sur le vert pâle du Crétacé supérieur.

S'il fallait absolument choisir nous préférerions rattacher le Gault au Crétacé supérieur, plutôt qu'à l'inférieur. Au point de vue paléontologique, ce serait, nous paraît-il, plus juste.

4me *Question.*

« Le *Flysch* devrait-il être joint à l'Éocène ou à l'Oli-
« gocène ? »

Il nous serait parfaitement impossible, dans une bonne partie des Alpes suisses, de séparer le Flysch de l'Éocène. Les couches nummulitiques s'y trouvent parfois enchevêtrées avec le Flysch, de manière à montrer que ce ne sont souvent que deux *facies* de même âge. Il y aurait de plus un grave inconvénient à confondre sous une même teinte, le *Flysch*, qui ne se trouve chez nous que dans la région alpine, et l'*Aquitanien*, qui appartient à la région mollassique, et forme de vastes étendues limitrophes des Alpes. La distinction entre ces deux régions essentielles ne serait plus possible sur la nouvelle carte, ce qui serait d'un très fâcheux effet. Nous insistons donc pour que le Flysch soit assimilé à l'Éocène, et non à l'Oligocène.

5me *Question.*

« Le Congrès n'ayant pas encore fixé les couleurs con-
« ventionnelles pour les périodes paléozoïques, approu-
« vez-vous les couleurs suivantes, proposées par les
« directeurs de la carte ? »

Nous trouvons que parmi les couleurs mentionnées il y a abus des teintes vertes, qui, outre le Crétacé (déterminé par le Congrès de Bologne), seraient encore appliquées au *Silurien*, en deux teintes vert soie, et au *Dévonien*, en trois teintes vert brun. En revanche le *Cambrien* se trouverait absolument séparé du Silurien, et représenté par un gris rougeâtre. Enfin les rapports intimes entre le

permien et le carbonifère seraient entièrement masqués, si l'on emploie pour les représenter des couleurs aussi dissemblables que celles inscrites dans ce projet de légende.

M. le prof. HEBERT vient de publier, dans le *Bulletin de la Société géologique de France* (3me série, XI, p. 29), une note destinée à prouver que le Cambrien doit être rattaché au Silurien comme subdivision inférieure. Il conclut ainsi :

« En ce qui concerne la carte géologique internationale « de l'Europe, le groupe silurien, avec ses trois divi- « sions, dont l'inférieure correspondra au cambrien, « devra être représenté par une seule couleur, avec trois « nuances différentes. »

Nous sommes pleinement d'accord sur ce point avec notre illustre collègue, président du premier Congrès géologique. C'est le point de vue que nous avons constamment soutenu ; conformément au groupement de M. Barande en trois faunes siluriennes, 1re, 2me et 3me. Ce groupe constitue à nos yeux une période, divisée en 3 époques, à l'instar de la période jurassique, par exemple.

Nous demandons le même mode de groupement, et de réunion sous une même couleur, pour les terrains *Carbonifère* et *Permien*, qui formeraient la *Période carbonique* subdivisée en 3 époques (Culm, Houiller et Permien). C'est le groupement préconisé par M. Oswald Heer, M. Gosselet et beaucoup d'autres auteurs. N'est-il pas prouvé d'ailleurs qu'il y a une liaison paléontologique intime entre ces trois époques, soit dans les faunes, soit dans les flores.

Cela ferait ainsi, avec le Dévonien, trois périodes com-

prises dans l'ère paléozoïque, celles-ci devraient être logiquement représentées, chacune par une seule couleur, comme le seront les trois périodes de l'ère mésozoïque, conformément aux résolutions du Congrès de Bologne. Quant aux trois couleurs à adopter, il ne reste plus beaucoup de choix. Le *gris* pourrait être attribué au *Système carbonique,* selon l'usage le plus généralement suivi. Un *vert-olive* (suffisamment distinct du vert pur du Crétacé) pourrait être attribué au *Système dévonique.* Enfin le *brun,* qui n'a pas encore reçu d'application, pourrait servir à désigner le *Système silurique.*

6me *Question.*

« Veuillez proposer un terme, comme équivalent « chronologique de *Assise,* pour désigner à ce point de « vue les divisions de cinquième ordre. »

Parmi les expressions chronologiques, il ne reste plus guère que celle de *phase* qui puisse être employée dans ce sens. Ce mot désigne d'ailleurs un événement qui se produit dans un temps peu prolongé ; ainsi les *phases de la lune.* Il comporte volontiers une idée de subdivision. On dit fréquemment : les diverses phases de l'époque glaciaire !

Nous n'en connaissons pas de meilleur pour ce cas.

7me *Question.*

« Seriez-vous d'avis d'intervertir les termes *Groupe* « et *Série,* comme cela a été proposé à Foix ; en désignant par *Série* les divisions de premier ordre, et par « *Groupe* celles de troisième ordre ? »

Nous sommes pleinement de cet avis, et unanimes à désirer qu'il en soit ainsi. Nous estimons que le terme *Série* implique une idée plus compréhensive, plus étendue, que celui de *Groupe*. C'est dans ce sens que ces expressions sont le plus fréquemment usitées en Suisse. Nous savons que beaucoup de nos amis en Angleterre, en France, etc. désirent vivement cette interversion.

L'interversion peut d'ailleurs s'accomplir sans danger pour l'édifice si laborieusement construit à Bologne, puisqu'il ne s'agit pas de rien détruire, mais seulement de rendre leur véritable place, leur place logique, à deux pierres qui, dans l'inexpérience et la hâte des premières discussions, s'étaient substituées l'une à l'autre.

Après avoir répondu aux questions de la circulaire internationale, nous devons encore aborder quelques autres sujets qui n'y sont point prévus, mais sur lesquels il nous paraît qu'un accord devrait se faire à Zurich.

a. *Coloriation du Pliocène.*

Le projet de légende, contenu à la page 8 du compte rendu de Foix, prévoit 5 nuances de jaune pour représenter les subdivisions tertiaires (22, 23, 24, 25, 26). Il nous paraît impossible de produire autant de nuances de jaune suffisamment distinctes à l'œil. La tabelle de couleurs présentée à Foix par le Directorium de Berlin n'en figure que quatre, et encore la plus foncée ne mérite-t-elle pas le nom de jaune.

D'autre part, nous estimons que les dépôts pliocènes ne sont la plupart du temps que les formations marines contemporaines des dépôts erratiques anciens, dits qua-

ternaires ou diluviens. Pour ces derniers, n° 26, le Directorium propose le jaune de Naples très clair. Nous voudrions que la même teinte servît à représenter le pliocène, mais en y ajoutant, pour le distinguer, un pointillé jaune foncé. Ainsi serait fait droit à l'idée que nous venons d'émettre du synchronisme partiel de ces deux formations, l'une marine, l'autre terrestre ; et en même temps au désir fort naturel de nos confrères italiens, de faire ressortir d'une manière bien nette dans la carte les dépôts pliocènes, qui jouent un si grand rôle dans leur péninsule.

b. *Légende des Roches éruptives.*

La circulaire de M. Capellini ne mentionne pas cette partie importante de la légende. Et pourtant il n'y a encore rien de décidé à cet égard. A Foix (Compte rendu, p. 10 et 11), on a proposé deux groupements différents en 5 termes, qui ne nous paraissent ni l'un ni l'autre bien logiques. En effet, dans chacun de ces modes de groupement on emploie des expressions qui ne se rapportent pas au même point de vue. Les unes, comme *roches porphyriques,* se rapportent au mode de texture, tandis que d'autres, comme *trachytiques, basaltiques,* ont en vue la composition chimique et minéralogique des roches.

Il y a des *porphyres* qui, dans un même filon, passent insensiblement au granite, et qui n'en sont évidemment qu'une modification de texture. D'autres, au contraire (augitporphyre, etc.), appartiennent pétrographiquement aux mélaphyres ou aux basaltes. La structure porphyrique n'a donc qu'une valeur très secondaire, et grouper tous les porphyres sous une même teinte ne serait qu'une source de confusion.

On propose également un groupe de *roches volcaniques*, par où l'on entend d'éruption moderne. Mais celles-ci sont tantôt de nature trachytique, tantôt de nature basaltique, et ne devraient pas être séparées de ces groupes respectifs. Les groupements proposés ne reposent donc sur aucun principe, et ne produiraient que des idées confuses.

D'autre part, comme l'ont bien montré les recherches microscopiques, la composition minéralogique des roches est éminemment variable, et ne fournirait qu'une mauvaise base de groupement pour la carte.

Tout bien pesé, et en considérant l'excessive rareté des éruptions mésozoïques, spécialement des jurassiques, nous trouvons que le groupement en *roches éruptives anciennes* et *roches éruptives récentes* serait, pour l'Europe, le mieux approprié.

A beaucoup de points de vue, ces deux catégories de roches éruptives présentent des différences persistantes, quoiqu'elles offrent souvent des analogies de composition minéralogique. C'est comme si les éruptions récentes n'étaient que de nouvelles éditions des éruptions anciennes, ou que les unes fussent un faciès superficiel, et les autres un faciès profond, dus à la coagulation, dans des conditions différentes, d'un même magma en fusion. Ce groupement sera aisément compris par tout géologue, et très facilement applicable.

En second lieu, nous ferons observer que dans les roches éruptives récentes, comme dans les anciennes, la quantité d'acide silicique peut varier de 38 °/₀ à 78 °/₀, et que de la proportion plus ou moins grande de substance acide ou basique dépend, soit la composition minéralogique, soit, en partie aussi, la texture. Sans vouloir

préciser la limite de séparation, on peut donc distinguer d'une manière générale, dans chacune des deux grandes catégories précitées, un groupe de *roches acides* et un de *roches basiques*. C'est une distinction très naturelle, qui sera facilement acceptée et réalisée par chaque géologue.

Quant aux laves actuelles, le plus logique serait sans doute de les faire rentrer dans l'un ou l'autre groupe des roches éruptives récentes, suivant leur composition basique ou acide. Mais ici se présente une difficulté, provenant de ce que certains volcans actuels ont modifié, dans le cours des temps, la composition de leurs laves. L'Etna, par exemple, a rejeté anciennement des laves trachytiques, et en produit maintenant des basaltiques (Dolérite). Or avec la petite échelle de la carte géologique d'Europe ces distinctions seraient difficiles, sinon impossibles à établir. C'est pourquoi, ayant déjà admis une distinction basée sur l'âge, nous n'avons pas craint de consacrer une couleur spéciale aux roches volcaniques actuelles. Nous serions d'ailleurs prêts à renoncer à cette dernière, si l'on estimait pouvoir faire rentrer ces produits actuels parmi les roches acides ou basiques des éruptions dites récentes.

Comme couleurs pour ces cinq groupes de produits éruptifs, nous avons choisi des teintes rouges ou mêlées de rouge, en tons vifs, afin que les gisements, souvent très restreints, soient néanmoins bien visibles. Pour chacun de ces 5 groupes éruptifs la teinte pleine indiquerait les roches laviques ou *chysiogènes*, c'est-à-dire provenant de coulées; tandis que le pointillé de la même couleur désignerait les agrégats volcaniques (*roches athrogènes*), toutes les fois que ces derniers pourraient être distingués.

c. *Terrains d'âge incertain.*

Il est indispensable d'arrêter aussi une convention uniforme, pour la représentation des dépôts dont, faute de fossiles, ou de relations stratigraphiques suffisamment probantes, l'âge n'aura pu être déterminé d'une manière certaine. Si ce cas se présente rarement dans les régions classiques et les pays de plaine, il est en revanche assez fréquent dans les régions montagneuses, comme les Alpes, les Pyrénées, les Carpathes, etc. Dans les contrées jusqu'ici moins étudiées il devra se rencontrer encore plus fréquemment. Or, dans tout travail scientifique, il importe de ne pas assimiler aux documents certains ce qui n'est encore qu'hypothétique.

Voici comment nous proposons de résoudre la difficulté :

1° Lorsqu'on pourra déterminer le système, mais pas la subdivision de celui-ci, on emploiera la couleur de ce système en *nuance moyenne*, en ajoutant le monogramme général du système. Ainsi du *Jurassique indéterminé* serait représenté en bleu moyen avec monogramme J.

2° Lorsqu'au contraire on serait dans le doute sur le système même auquel un dépôt doit être rapporté, on emploierait la couleur du système le plus probable, mais en y laissant des réserves de blanc, et en ajoutant un ? au monogramme. Ainsi le *Jurassique douteux* serait figuré par un bleu, pointillé de blanc par le moyen de réserves, avec J ?

3° Enfin là où la place manquerait pour figurer toutes les subdivisions d'un système, bien que constatées sur le terrain, on emploierait la teinte moyenne du système en

combinant les monogrammes des subdivisions. Ainsi pour une étroite bande de Jurassique, où l'on aurait pu constater les trois subdivisions Lias, Dogger et Malm, on figurerait un filet bleu moyen, et mettrait pour monogramme J^{1-3}.

Avec ces quelques précautions, la carte d'Europe sera d'un emploi plus sûr, et chacun pourra mieux comprendre la valeur des renseignements fournis.

Nous résumons maintenant l'ensemble de nos propositions par le tableau ci-joint, qui n'est que la reproduction achromatique de la légende coloriée que nous présenterons à Zurich.

Lausanne et Zurich, 30 avril 1883.

Au nom du Comité géologique Suisse,

Le Président : E. Renevier, prof.
Le Secrétaire : Alb. Heim, prof.

Légende proposée par le Comité suisse pour la Carte géologique d'Europe.

MONOGRAMMES.			A. Terrains sédimentaires.	SYSTÈMES.
P	Blanc.		Holocène (Alluvium, Tourbe, etc.).	Moderne ou Plioc.^{que}
	Jaune de Naples	Naples pur.	Plistocène (Diluvium, Quaternaire).	
		id. av. pointillé jaune vif	Pliocène (Subapennin, etc.).	
M	Jaune	jaune vif.	Miocène (Mollasse, etc.).	Mioc.^{que}
		id. foncé.	Oligocène (Aquitanien, Tongrien).	
E	Jaune orangé.		Éocène (Nummulitique, Flysch).	Eoc.^{que}
C	Vert pur	pâle.	Crétacé supérieur (Sénonien, etc.).	Cret.^{que}
		moyen.	Crétacé moyen (Cénomanien et Gault).	
		foncé.	Néocomien } Crétacé inférieur.	
		av. pointillé.	Wealdien } Crétacé inférieur.	
J	Bleu	pâle.	Malm (Purbeck compris).	Jur.^{que}
		moyen.	Dogger (Kellowien compris).	
		foncé.	Lias.	
		av. pointillé rose.	Rhétien.	
T	Violet.	pâle.	Trias supérieur (Keuper).	Trias.^{que}
		moyen.	Trias moyen (Muschelkalk).	
		foncé.	Trias inférieur (Grès bigarré).	
H	Gris	pâle.	Permien (avec pointillé éventuel bleu ou rose, pour distinguer Zechstein de Rothliegendes)	Carb.^{que}
		moyen.	Houiller (avec traits foncés pour bancs productifs).	
		foncé.	Culm (compris Calc. carbonif. inf.).	
D	Vert olive	pâle.	Dévonien supérieur.	Dev.^{que}
		moyen.	Dévonien moyen (Eifel).	
		foncé.	Dévonien inférieur (Rhénan).	
S	Brun	pâle.	Silurien supérieur (faune 3e E).	Silur.^{que}
		moyen.	Silurien pp^{dt} (faune 2de).	
		foncé.	Cambrien (faune primordiale).	
A	Rose	pâle.	Phyllites (Urschiefer, Huronien ?).	Archéen.
		moyen.	Schistes cristallins feuilletés (Micaschist., etc.).	
		foncé.	Schistes cristallins massifs (Gneis-granit, etc.).	

Légende proposée par le Comité suisse pour la Carte géologique d'Europe.

B. **Formations éruptives.**

γ	Rouge carmin.	Éruptions anciennes acides. Granite, Syénite, Porphyre euritique, etc.
δ	Rouge pourpre.	Éruptions anciennes basiques. Diorite, Malaphyre, Trapp, etc.
τ	Rouge écarlate.	Éruptions récentes acides. Trachytes, Phonolites, etc.
β	Rouge brun.	Éruptions récentes basiques. Basalte, Dolérite, Amphigénite, etc.
λ	Rouge minium.	Éruptions actuelles.

N.B. — Pointillé pour les Agrégats volcaniques de chaque catégorie.

DU FONCTIONNEMENT

DES

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

D'APRÈS DES TRAVAUX RÉCENTS

PAR

M. A. ACHARD, ingénieur

Les machines dynamo-électriques, c'est-à-dire celles qui ont pour inducteurs des électro-aimants excités par le courant même, ou par une dérivation du courant, que la machine produit, ont été récemment l'objet de quelques recherches dont il est utile de faire connaître les résultats, puisque l'emploi de ces appareils prend chaque jour plus d'extension.

Le problème qu'il s'agit de résoudre pour une machine magnéto ou dynamo-électrique donnée est celui-ci : connaissant la vitesse de rotation et les résistances qui interviennent, quelle sera l'intensité du courant obtenu ? On peut encore l'énoncer sous cette forme : Quelle est, pour une vitesse de rotation donnée, la force électro-motrice de la machine ?

La relation qui existe entre cette force, l'intensité et les résistances intervenantes, et qui se déduit de la loi d'Ohm, n'est pas la même suivant que le fil des électro-

aimants inducteurs forme une partie du circuit parcouru par le courant extérieur, ou qu'il constitue une dérivation.

Pour faire comprendre cette différence, il faut rappeler que la bobine tournante peut, à chaque instant, et dans n'importe quelle position, être considérée comme divisée en deux parties identiques et symétriques parcourues par des courants égaux, allant tous deux du balai constituant le pôle négatif au balai constituant le pôle positif. Elle est donc assimilable en quelque sorte à deux piles identiques associées en quantité.

Cela étant, désignons par E la force électro-motrice correspondant à une vitesse donnée, par ρ' la résistance du fil de la bobine tournante, *considéré comme continu*, par r_0 celle du fil des électro-aimants, par r celle du circuit extérieur, par j l'intensité du courant parcourant chaque moitié de la bobine, enfin par i celle du courant extérieur.

Dans le cas du montage ordinaire, les intensités i et j sont déterminées par les deux équations :

$$i - 2j = o \qquad i(r_0 + r) + j\frac{\rho'}{2} = \mathrm{E}$$

attendu que le circuit de chacun des deux courants j a $\frac{\rho'}{2}$ pour résistance. On déduit de là :

$$i = \frac{\mathrm{E}}{r_0 + r + \frac{\rho'}{4}} \qquad j = \frac{\mathrm{E}}{2(r_0 + r) + \frac{\rho'}{2}}$$

Dans le cas du montage en dérivation, le fil des électro-aimants est parcouru par un courant distinct dont nous

nommerons i_0 l'intensité. Pour déterminer les trois intensités cherchées i_0, i et j, nous avons les trois équations :

$$i_0 + i - 2j = o \qquad i_0 r_0 - ir = o$$

$$j \frac{\rho'}{2} + i_0 r_0 = \mathrm{E} \quad \text{ou} \quad j \frac{\rho'}{2} + ir = \mathrm{E}$$

qui donnent :

$$j = \frac{1}{2} \frac{\mathrm{E}(r_0 + r)}{r_0 r + r_0 \frac{\rho'}{4} + r \frac{\rho'}{4}}$$

$$i_0 = \frac{\mathrm{E}r}{r_0 r + r_0 \frac{\rho'}{4} + r \frac{\rho'}{4}}$$

$$i = \frac{\mathrm{E}r_0}{r_0 r + r_0 \frac{\rho'}{4} + r \frac{\rho'}{4}}$$

Dans l'un et l'autre cas les formules montrent que la bobine tournante intervient comme une pile unique de force électro-motrice E et de résistance propre $\frac{\rho'}{4}$. C'est cette quantité $\frac{\rho'}{4}$ qu'on nomme la résistance de la bobine et que nous désignerons par ρ. Les formules qui expriment l'intensité du courant extérieur deviennent alors, avec le montage ordinaire :

$$i = \frac{\mathrm{E}}{r_0 + r + \rho}$$

et avec le montage en dérivation :

$$i = \frac{Er_0}{r_0 r + r_0 \rho + r\rho}$$

Ainsi donc la force électro-motrice peut se déduire de l'intensité du courant extérieur en multipliant celle-ci par une résistance complexe qui est $r_0 + r + \rho$ dans le premier cas, $\frac{r_0 r + r_0 \rho + r\rho}{r_0}$ dans le second. Nous désignerons cette résistance complexe par R.

2. La loi générale qui exprime le fonctionnement d'une machine magnéto ou dynamo-électrique [1] est

$$iR = \omega CM$$

équation dans laquelle ω représente la vitesse angulaire (ou le nombre de tours dans l'unité de temps, qui n'en diffère que par un facteur constant), M le magnétisme agissant, c'est-à-dire la *quantité de magnétisme* contenue dans chacun des pôles de l'inducteur [2], et C un nombre abstrait constant pour une machine donnée [3]. Si M était

[1] En se basant sur des raisons théoriques, M. Maurice Lévy prétend que iR ne peut pas s'exprimer seulement par un terme en ω, mais par une série illimitée de termes ordonnés suivant les puissances croissantes de ω (*C. R. de l'Académie des sciences*, séance du 6 novembre 1882, page 832). Sans vouloir contester la valeur théorique de cette assertion, M. Bertrand pense que la concordance des résultats de l'expérience avec l'équation ci-dessus montre que les termes contenant ω^2, ω^3, etc., sont assez petits pour être pratiquement négligeables devant le terme en ω.

[2] Et non *l'intensité du champ magnétique* comme on l'a dit quelquefois à tort.

[3] Dans un article sur la transmission de la force à distance par

constant, il est évident que pour une vitesse donnée on aurait $i\text{R} = \text{E} =$ constante. Mais, même dans une machine magnéto-électrique, et à plus forte raison dans une machine dynamo-électrique, M est une fonction de l'intensité. On a donc :

$$i\text{R} = \omega \text{C} f(i)$$

ou :

$$\frac{i}{f(i)} = \text{C}\,\frac{\omega}{\text{R}}$$

Le premier membre est une fonction de i, et si on suppose l'équation résolue par rapport à i le résultat serait généralement :

$$i = \varphi\left(\frac{\omega}{\text{R}}\right)$$

La force électro-motrice s'exprimerait donc par :

$$\text{E} = \text{R}\,\varphi\left(\frac{\omega}{\text{R}}\right)$$

Les conséquences de ces équations sont les suivantes :

1° L'intensité du courant extérieur obtenu n'est pas fonction de ω et de R, à titre de variables indépendantes, mais seulement de leur rapport.

2° Tant que la fonction φ n'est pas déterminée, on ne sait pas si la force électro-motrice est constante ou variable pour une même valeur de la vitesse.

l'électricité (*Annales des Mines*, 1879), en établissant l'équation fondamentale, j'ai essayé d'expliquer l'origine et la nature de cette constante.

3° Les valeurs de la force électro-motrice de la machine, pour une même intensité du courant obtenu, et pour des vitesses différentes, sont proportionnelles à ces vitesses.

En effet, soient ω_1 et ω_2 deux valeurs de la vitesse, et E_1 et E_2 les valeurs de la force électro-motrice qui correspondent à ces deux vitesses et à une même valeur de l'intensité. D'après la première conséquence ci-dessus, l'intensité n'a pu conserver, avec la vitesse ω_2, la valeur qu'elle avait avec la vitesse ω_1 et la résistance R_1, que si on a fait intervenir une autre résistance R_2 telle qu'on ait :

$$\frac{\omega_2}{R_2} = \frac{\omega_1}{R_1}$$

On a donc aussi :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

M. Marcel Deprez a proposé d'appeler *caractéristique d'une machine donnée,* pour une vitesse donnée, le lieu géométrique des points qui ont pour abscisses les diverses valeurs qu'acquiert l'intensité quand on fait varier la résistance en maintenant la vitesse constante, et pour ordonnées les valeurs correspondantes de la force électro-motrice [1]. Dans ce mode de représentation, la valeur de

[1] D'après les indications données par M. Marcel Deprez (*Lumière électrique*, n° du 23 juillet 1881), il détermine la caractéristique en excitant les inducteurs par un courant *extérieur* d'intensité connue, et, pour chaque valeur de cette intensité, en mesurant (électro-statiquement) la différence de potentiel des deux balais de la machine qui tourne avec la vitesse voulue, mais à circuit ouvert (par conséquent sans dépenser d'autre travail que celui des frottements). C'est à la courbe tracée au moyen de ces données qu'il donne plus spécia-

la résistance pour un point quelconque de la caractéristique est exprimée, en vertu de la loi d'Ohm, par la tangente de l'angle que le rayon vecteur mené de l'origine à ce point fait avec la ligne des abscisses.

Tant que la fonction φ n'est pas connue, on ignore la forme de la caractéristique. En revanche, la troisième conséquence ci-dessus nous apprend que les diverses caractéristiques d'une même machine ont, pour une même abscisse, des ordonnées proportionnelles aux vitesses auxquelles elles correspondent. Cette propriété permet de tracer la caractéristique pour n'importe quelle vitesse quand on la possède pour une vitesse connue.

Si l'on suppose que la fonction φ ait été déterminée, l'élimination de $\frac{\omega}{R}$ entre les équations :

$$i = \varphi\left(\frac{\omega}{R}\right) \quad \text{et} \quad i R = \omega \, CM$$

conduira à la relation qui exprime en fonction de i le magnétisme M ou pour mieux dire le produit pratiquement indivisible CM de ce magnétisme par la constante C de la machine. La courbe qui représente cette relation se nommera la *courbe du magnétisme agissant*. Comme le produit obtenu en multipliant CM par ω n'est autre que la

lement le nom de caractéristique. Il nous a paru préférable de réserver ce nom pour la courbe définie ci-dessus, qui est seule utile à connaître Ce que nous dirons plus loin de l'action démagnétisante du courant, permet de douter que ces deux courbes soient identiques. Les caractéristiques dont M. Deprez donne les tracés dans la *Lumière électrique*, en 1882, et dont nous parlons plus loin, n'ont évidemment pas été obtenues par le procédé ci-dessus indiqué, car la décroissance de force électro-motrice qu'elles accusent ne s'expliquerait pas.

force électro-motrice de la machine, on voit que la courbe du magnétisme agissant est la même chose que *la caractéristique de la machine pour l'unité de vitesse.*

3. Nous allons maintenant parler des expériences que M. Frölich, ingénieur de la maison Siemens et Halske, a faites sur une machine Siemens (du modèle D_0) pour vérifier et compléter les déductions de la théorie [1].

Cette machine a été expérimentée avec les trois enroulements que voici :

	INDUCTEURS			BOBINE		
	Distance moyenne entre les spires et le fer du noyau.	Nombre des spires.	Résistance r_0	Nombre des spires.	Résistance ρ.	Résistance interne totale $r_0 + \rho$
	mm		ohm		ohm	ohm
I	10,5	456	0,277	288	0,138	0,415
II	21,0	856	0,554	288	0,138	0,692
III	14,0	1960	3,954	1296	2,865	0,819

M. Frölich a pu ainsi opérer en fait sur trois machines différentes avec une même carcasse de machine. Il expérimentait sur chacune d'elles en faisant varier la résistance R par le fait de la résistance extérieure r [2] qui en est un des éléments, et la vitesse de rotation ω. Mais c'est avec la machine définie par l'enroulement I que les expériences ont été les plus nombreuses.

Les résultats obtenus par M. Frölich lui ont démontré :

1° Que l'intensité du courant ne dépend, comme la

[1] *Monatsbericht der Berliner Akademie*, november 1880, traduit *in extenso* dans le *Compte rendu du Congrès des électriciens*, et résumé par M. Frölich dans *l'Electricien* du 15 avril 1882.

[2] Il est clair que si on fait varier R du fait de ρ ou de r_0 ce n'est plus avec la même machine que l'on a affaire.

théorie ci-dessus l'indique, que du rapport $\frac{\omega}{R}$, à la condition toutefois de ne pas maintenir le diamètre des contacts dans une position invariable, mais de lui assigner dans chaque expérience la position qui répond au maximum d'intensité;

2° Que la courbe qui exprime la relation $i = \varphi\left(\frac{\omega}{R}\right)$ offre une région moyenne très sensiblement rectiligne dans les limites du fonctionnement pratique et qu'on peut envisager seule dans les applications ordinaires.

Ce dernier résultat est assez d'accord avec celui qui avait été obtenu par MM. Meyer et Auerbach [1] au moyen d'une machine Gramme montée en dérivation. Ils ont trouvé que *pour une résistance donnée* on peut exprimer ω en fonction de i par la relation empirique :

$$\omega = \frac{ai}{b + \text{arc tang } i}$$

et que, pour des valeurs suffisamment grandes de la résistance, on peut remplacer arc tang i par $\frac{180}{\pi} i$, en sorte que pour ces valeurs on aurait :

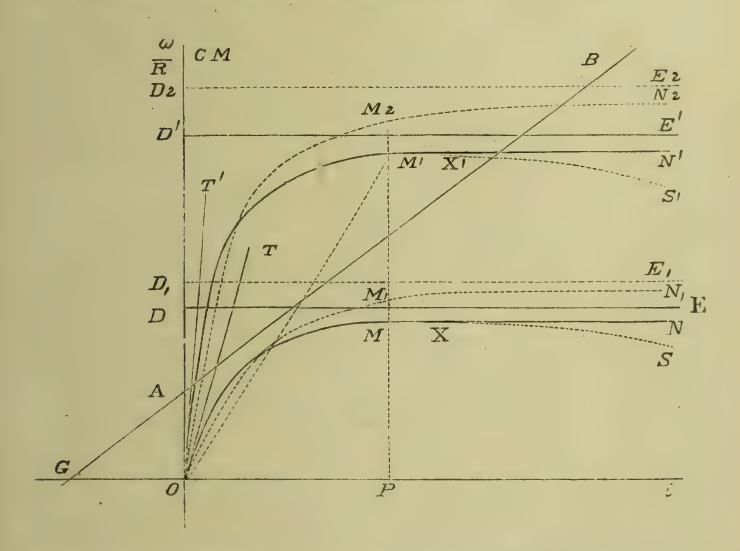
$$i = \frac{\omega b}{a - \frac{180}{\pi}\omega}$$

D'après cette formule i ne serait pas rigoureusement

[1] Ueber die Ströme der Gramme'schen Machine. *Annalen der Physik*, 1879.

proportionnel à ω ; néanmoins l'écart ne serait pas considérable, parce que la constante a est très grande et que par conséquent le terme $-\frac{180}{\pi}\omega$ influe peu sur la valeur de i.

4. Mais revenons aux résultats acquis par M. Frölich, et rapportons la ligne droite qui exprime approximativement la loi $i = \varphi\left(\frac{\omega}{R}\right)$ à deux axes, l'un d'ordonnées sur lequel nous comptons les valeurs de $\frac{\omega}{R}$, l'autre d'abscisses sur lequel nous comptons celles de i (Voir la figure). Cette ligne droite AB coupe le premier de ces axes en A



au-dessus de l'origine et le second en G à gauche de l'origine. Elle aura donc pour équation :

$$\frac{i}{OG} - \frac{\frac{\omega}{R}}{OA} = -1$$

ou bien :

$$i = \frac{\overline{OG}}{\overline{OA}} \cdot \frac{\omega}{R} - \overline{OG}$$

Si maintenant nous éliminons $\frac{\omega}{R}$ entre cette équation et l'équation fondamentale :

$$i R = \omega CM$$

nous obtenons pour équation de la courbe du magnétisme agissant :

$$CM = \frac{i}{\overline{OA} + \frac{\overline{OA}}{\overline{OG}} i}$$

Il est facile de voir que $\frac{1}{\overline{OA}}$ est la limite vers laquelle tend le rapport $\frac{CM}{i}$ quand i décroît indéfiniment, limite que nous désignerons par λ. On voit aussi que le rapport $\frac{\overline{OG}}{\overline{OA}}$ est la limite vers laquelle tend CM quand i croît indéfiniment; on peut désigner cette limite par CM_0 en la considérant comme le produit du maximum M_0 de M par la constante C de la machine. On écrira ainsi :

$$CM = \frac{CM_0 \lambda i}{CM_0 + \lambda i}.$$

Si l'on porte sur l'axe des ordonnées $\overline{OD}$ égal, dans une

échelle arbitraire, au rapport $\frac{\overline{OG}}{\overline{OA}}$, si on mène DE parallèle à Oi, et si, enfin, on mène par O une droite OT telle que tang TO$i = \lambda$, CM sera l'ordonnée d'un arc d'hyperbole équilatère ayant DE pour une de ses asymptotes et OT pour tangente en O. C'est cet arc d'hyperbole qui sera la courbe du magnétisme agissant [1].

L'équation de la droite AB s'écrira :

$$i = CM_0\left(\frac{\omega}{R} - \frac{1}{\lambda}\right)$$

5. Le tableau des expériences de M. Frölich contient :

la vitesse de rotation ω en tours *par minute*,

la résistance R en unités Siemens,

le rapport $\frac{\omega}{R}$,

l'intensité i en unités $\frac{\text{Daniell}}{\text{Siemens}}$,

enfin le magnétisme M obtenu en divisant la force électromotrice iR par le produit de la vitesse de rotation ω et du nombre de n de spires du fil de la bobine [2].

M. Frölich a déduit de ce tableau les formules qui donnent M en fonction de i dans l'unité correspondante. Nous

[1] Dans l'article cité (*Annales des Mines*, 1879), j'avais déjà indiqué cette équation comme pouvant vraisemblablement représenter la loi suivant laquelle le magnétisme agissant dépend de l'intensité (voir aussi l'*Électricien* du 1er septembre 1882).

[2] Le même produit que j'écris CM, M. Frölich le désigne par n M, n étant le nombre des spires de fil induit sur la bobine. On voit que les deux quantités exprimées par M ne diffèrent qu'à un facteur près, et que pour M. Frölich la constante C n'est autre que n.

avons pensé qu'il serait utile de les reproduire, mais en les transformant de façon à ce qu'elles expriment le produit CM au lieu de M, et à ce que R soit exprimé en ohms et i en ampères[1] (c'est-à-dire en unités $\frac{\text{volt}}{\text{ohm}}$, ou, comme on disait précédemment, en webers). Nous y joignons aussi celles qui expriment i en fonction de $\frac{\omega}{R}$ en supposant ω exprimé en tours *par seconde* (unité qui est à celle de la vitesse angulaire proprement dite dans le rapport $2\pi : 1$).

$$\left.\begin{array}{ll} \text{I} & CM = \dfrac{26,9925\,i}{13,2000 + 2,0449\,i} \\ \text{II} & CM = \dfrac{46,224\,i}{14,510 + 3,1857\,i} \\ \text{III} & CM = \dfrac{1438,4\,i}{61,983 + 23,206\,i} \end{array}\right\} (a) \quad \left.\begin{array}{l} i = 13,2000\left(\dfrac{\omega}{R} - 0,4892\right) \\ i = 14,510\left(\dfrac{\omega}{R} - 0,3139\right) \\ i = 61,983\left(\dfrac{\omega}{R} - 0,0431\right) \end{array}\right\} (a')$$

Le fait que la formule qui exprime i donne $i = 0$ pour une valeur de ω qui n'est pas nulle (ou, ce qui revient au même, que la droite AB coupe l'axe des $\frac{\omega}{R}$ en A au lieu de passer par l'origine) répond au phénomène des *tours morts,* qui consiste en ce que la machine ne commence à donner un courant appréciable que lorsque sa vitesse a dépassé une certaine limite.

[1] Dans cette réduction j'ai admis 1 unité Siemens = 0,955 ohm et 1 Daniell = 1,1 volt, en sorte que 1 unité $\frac{\text{Daniell}}{\text{Siemens}}$ serait équivalente à 1,1518 ampère.

6. Les formules qui donnent CM ne sont évidemment applicables que dans les limites où la ligne $i = \varphi\left(\frac{\omega}{R}\right)$ est elle-même assimilable à une droite. Pour les machines déterminées par les enroulements I et II, ces limites sont, au dire de M. Frölich, 20 et 50 unités $\frac{\text{Daniell}}{\text{Siemens}}$ (soit à peu près 23 et 58 ampères). Pour de plus grandes intensités, le magnétisme agissant éprouve une décroissance dont M. Frölich a trouvé la cause. Cette cause, qui non seulement produit cette décroissance, mais encore affaiblit ce magnétisme même dans les limites où les formules ci-dessus sont applicables, c'est l'action en vertu de laquelle le courant produit, en circulant dans les spires de la bobine, diminue le magnétisme induit dans le noyau de celle-ci et contrecarre ainsi l'effet des inducteurs.

Pour s'en rendre compte, M. Frölich a cherché quelle serait la grandeur du magnétisme si on parvenait à supprimer ou du moins à diminuer notablement cette action affaiblissante. A cet effet, il a sorti du circuit les spires des électro-aimants inducteurs et y a fait passer un courant extérieur d'intensité connue i' pour les exciter; en même temps il avait réuni les balais collecteurs par un fil d'une résistance très grande, d'où il résultait que le courant qui se développait dans ce fil et dans les spires de la bobine, quand on faisait tourner celle-ci, avait une très faible intensité et par conséquent ne pouvait exercer sur le magnétisme du noyau de la bobine qu'une réduction peu sensible. La force électro-motrice de la machine était mesurée directement, et en la divisant par la vitesse ω on obtenait la valeur du magnétisme CM. Les résultats ont montré que celui-ci peut alors s'exprimer en fonc-

tion de l'intensité excitatrice i' par des formules toutes pareilles aux précédentes, mais dont les constantes CM_0 et λ sont différentes. Voici, pour les trois enroulements, les formules en question transformées en vue des unités ci-dessus indiquées :

$$\left.\begin{array}{lll} \text{I} & CM' = \dfrac{20.945\ i'}{18,277 + 1,146\ i'} \\ \text{II} & CM' = \dfrac{34,128\ i'}{18,819 + 1.8134\ i'} \\ \text{III} & CM' = \dfrac{1339.25\ i'}{91,975 + 14,561\ i'} \end{array}\right\} (b)$$

Le résultat de la cause que nous venons d'indiquer est double comme nous le disions. En premier lieu, il consiste à substituer à la courbe $OM_1 N_1$ représentée par une des équations (b), laquelle est tracée en pointillé sur la figure, la courbe OMN représentée par l'équation correspondante (a), qui est également une hyperbole, mais qui, comme on s'en rend facilement compte en comparant ces équations, s'élève un peu plus rapidement pour atteindre un maximum moins élevé. En second lieu elle amène une diminution du magnétisme à partir d'un point X maximum dont l'ordonnée est un peu inférieure à la limite $CM_0 = \overline{OD}$, en sorte que la courbe réelle du magnétisme n'est plus OMN mais OMS, et qu'on ne peut la représenter par une des équations (a) que dans les limites où ces deux courbes se confondent.

Par suite de cette action du courant sur le noyau de la bobine, la ligne des pôles dans ce noyau fait un certain angle avec celle des pôles des inducteurs. C'est la raison

pour laquelle le diamètre des contacts ne peut pas être maintenu dans sa position théorique[1], mais qu'on est obligé de le déplacer dans le sens du mouvement de rotation. Dans les expériences que M. Frölich a faites avec une excitation indépendante, et en s'arrangeant pour produire un courant extérieur très faible, il cherchait chaque fois la position du diamètre des contacts qui donnait lieu à la force électro-motrice maximum; et il a constaté, précisément pour cette raison, que cette position différait très peu de la ligne neutre théorique.

L'action affaiblissante du courant n'est du reste pas spéciale aux machines dynamo-électriques. Les machines magnéto-électriques en sont aussi affectées, comme on le verra plus loin.

7. D'après ce qui a été dit au § 2, la courbe du magnétisme n'est autre chose que la caractéristique relative à l'unité de vitesse, et la caractéristique relative à une vitesse quelconque ω s'en déduira en affectant la longueur de toutes les ordonnées dans le rapport de $\omega : 1$ [2].

La caractéristique d'une des machines expérimentées par M. Frölich sera donc, dans les limites ci-dessus, l'arc d'hyperbole ayant pour équation :

[1] Cette position théorique coïncide avec la ligne des pôles inducteurs dans les machines Siemens, Lontin et Edison, et lui est perpendiculaire dans la machine Gramme.

[2] La machine a une force électro-motrice plus grande avec l'enroulement I qu'avec l'enroulement II, et avec l'enroulement III elle en a une bien plus grande qu'avec les deux autres. Les formules (a') du § 5 permettent de se rendre compte numériquement des conséquences de ces différences. Si on suppose la résistance extérieure r nulle, I donnera à vitesse égale un courant plus intense que II, et II un courant plus intense que III. Si au contraire la résistance extérieure est un peu notable, c'est l'inverse qui se produira.

$$E = \frac{\omega . CM_0 \lambda i}{CM_0 + \lambda i}$$

et ayant pour tangente en O une droite faisant avec Oi un angle dont la tangente est $\omega\lambda$, ainsi qu'il est aisé de le vérifier en déduisant de l'équation la valeur de $\frac{dE}{di}$ et faisant $i = o$.

L'action démagnétisante exercée par le courant sur le magnétisme du noyau se fait naturellement sentir sur la caractéristique comme sur la courbe du magnétisme. Si elle n'existait pas ou était insensible, la caractéristique serait la courbe ponctuée supérieure, OM_2N_2 obtenue en multipliant par ω les ordonnées de la courbe ponctuée inférieure; son équation numérique aurait pour second membre le produit par ω du second membre d'une des équations (b). Par le fait de cette action, la caractéristique théorique s'abaisse à OM′N′, courbe dont les ordonnées sont à celles de OMN dans le rapport de ω : 1 ; son équation numérique a pour second membre le produit par ω du second membre d'une des équations (a). Mais en outre la vraie caractéristique n'est pas la courbe OM′N′ indéfiniment prolongée, mais bien la courbe OM′S′ qui se confond avec la précédente jusqu'à un certain point X′, à partir duquel elle s'abaisse graduellement en dessous, et qui représente un maximum.

Ainsi il n'est pas exact de dire que la machine dynamo-électrique ait pour une vitesse de rotation déterminée une force électro-motrice déterminée.

Prenons d'abord le cas idéal où l'action démagnétisante des spires de la bobine serait éliminée.

L'intensité est d'abord nulle tant que la résistance (représentée généralement par tang M′Oi) est supérieure ou égale à $\omega\lambda$. Quand la résistance décroît en dessous de

cette limite, le courant va en augmentant et la force électro-motrice croît avec une grande rapidité. C'est la phase du phénomène représentée par la branche montante de l'hyperbole. La machine n'a rien qui ressemble à une force électro-motrice déterminée, car un minime changement dans la résistance la fait varier énormément. On s'en rend compte en observant que la branche de courbe en question diffère peu d'une droite passant par l'origine, c'est-à-dire d'une ligne exprimant la proportionnalité; or l'équation fondamentale $iR = \omega CM$, si on y suppose CM proportionnel à i, est satisfaite par n'importe quelle valeur de i puisque cette variable n'y figure plus que comme facteur commun.

La résistance décroissant toujours, la force électro-motrice croît de moins en moins rapidement, et, une fois le sommet de l'hyperbole franchi, on entre dans la seconde phase : sans être rigoureusement constante, la force électro-motrice tend vers une grandeur déterminée $\overline{OD_2}$.

Passons au cas ordinaire où l'action démagnétisante se fait sentir. La première phase du phénomène demeure la même que dans le premier cas, avec cette réserve que l'hyperbole dont les ordonnées représentent la force électro-motrice n'est pas identique avec la précédente (comme le montre la figure). Mais dans la seconde phase la force électro-motrice n'est représentée par les ordonnées de cette hyperbole que jusqu'à un certain point X', à partir duquel la courbe effective se sépare de la courbe théorique et s'abaisse progressivement en dessous de celle-ci : elle ne croît plus indéfiniment, mais elle possède un certain maximum qui correspond à une intensité limitée. La machine n'a pas non plus de force électro-motrice rigoureusement constante : tout ce qu'on peut dire, c'est que celle-ci varie peu entre certaines limites d'intensité,

qui embrassent un certain arc de courbe s'étendant de part et d'autre du point maximum. C'est cet arc qui est la partie utile de la caractéristique.

Une machine magnéto-électrique elle-même n'a pas de force électro-motrice constante, parce que l'action démagnétisante s'y fait aussi sentir, ainsi que le font présumer les expériences suivantes dues à M. Marcel Deprez.

Une petite machine dynamo-électrique de Gramme était disposée de manière à avoir ses inducteurs hors du circuit et excités par un courant extérieur d'intensité constante; on obtenait par là l'équivalent d'une machine magnéto-électrique douée sous un petit volume d'un magnétisme puissant. On faisait marcher cette machine avec une vitesse invariable, en faisant varier la résistance, et on observait que lorsque la résistance diminuait, et que par conséquent l'intensité du courant augmentait, le produit de ces deux quantités, c'est-à-dire la force électromotrice, allait diminuant.

Avec une intensité excitatrice de 80 ampères, plus que suffisante pour saturer les inducteurs, la décroissance était déjà manifeste, car pour $R = 1{,}19$ ohm on avait $i = 24{,}00$ ampères, d'où $E = 28{,}56$ volts, tandis que pour $R = 0{,}187$ ohm, on avait $i = 115{,}2$ ampères d'où $E = 21{,}54$ volts. Avec une intensité excitatrice de 10,5 ampères, très insuffisante pour la saturation, la décroissance était bien plus accentée: pour $R = 1{,}775$ ohm, on avait $i = 18{,}55$ ampères, d'où $E = 32{,}93$ volts, et pour $R = 0{,}05$ ohm, on avait $i = 84{,}00$ ampères, d'où $E = 4{,}20$ volts. Nous ne donnons là que les résultats extrêmes des deux séries d'expériences.

8. Il est évident qu'une machine dynamo-électrique sera d'autant plus avantageuse que l'action démagnétisante du courant y sera moins sensible, car par là la force

électro-motrice non seulement sera la plus grande en valeur absolue, mais tendra à se maintenir intacte quand la résistance diminuera. Sous ce rapport il est intéressant de connaître la caractéristique des diverses sortes de machines. M. Marcel Deprez l'a déterminée pour un grand nombre d'entre elles et les a fait connaître dans une série d'articles de la *Lumière électrique*, année 1882. Plusieurs de ces caractérisques accusent une progression continue de la force électro-motrice, ce qui indique que l'expérience n'a pas été poussée jusqu'à des intensités insuffisantes. D'autres accusent nettement la région du maximum, pour laquelle la force électro-motrice a une valeur peu variable. Nous allons indiquer les résultats de quelques-unes de ces dernières.

Désignation de la machine.	Nombre de tours par minute.	ρ en ohms	r_0 en ohms	E dans la région du maximum en volts.	i dans la région du maximum en ampères.
Siemens D_6	770	0,444	0,845	40	10
				47	34 [1]
Siemens D_5	1170	0,284	0,365	max. 50	60
Siemens D_5	1390	0,273	0,359	60	de 45 à 100
Siemens D_1	545	0,160	0,310	84	de 32 à 75
				max. 90	
Id.	775	»	»	120	de 33 à 60
Siemens D_2	1225	0,270	0,294	max. 117	de 30 à 35 [2]
Gramme (à galvanoplastie)	1425	0,040	0,057	16	de 60 à 80
Id.	2420	»	»	26	de 46 à 70
Gramme A renforcé	900	0,153	0,206	50	35
				max. 54	70
Gramme A	950	0,410	0,610	70	de 10 à 60
				max. 79	25
Id.	1440	»	»	120	de 15 à 55
				max. 128	25
Gramme D	970	4,89	28,80	120	90
				max. 125	155
Id.	750	5,0	35,0	1200	7
				max. 1270	12
Gramme A fil fin	640	220,0	410,0	1350	de 11 à 20
				max. 1400	15

[1] Accroissement régulier dans l'intervalle.

[2] Décroissance assez marquée au delà de 35 ampères.

Parmi les machines essayées par M. Deprez, on peut signaler comme particulièrement défectueuse une machine Brush ($\rho + r_0 = 1{,}025$ ohm), dont la force électro-motrice offre un maximum bien caractérisé de 63 volts pour une intensité de 12 ampères, et qui, à partir de là, s'abaisse rapidement au point de ne plus être que de 40 volts à peine quand l'intensité atteint 30 ampères.

Par contre, M. Marcel Deprez paraît avoir réalisé un sérieux perfectionnement en donnant à des machines Gramme des inducteurs très massifs, car le tracé qu'il donne de leurs caractéristiques se rapproche singulièrement de la forme théorique, c'est-à-dire de l'hyperbole, ce qui indique que la force électro-motrice, et par conséquent le magnétisme, ne subit aucun affaiblissement. Ce tracé montre, comme on pouvait s'y attendre, que la loi trouvée par M. Frölich est générale et ne s'applique pas uniquement aux machines sur lesquelles il expérimentait.

La machine Edison qui possède, comme on sait, des inducteurs très massifs, présente sans doute le même avantage que la machine Gramme ainsi modifiée.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

Sur la périodicité des aurores boréales
(*Observatory*, vol. VI, p. 116.)

Une coïncidence de plus en plus marquée s'est manifestée l'an dernier entre les trois phénomènes : taches solaires, variations magnétiques et aurores boréales. On avait reconnu une relation générale entre eux depuis un certain temps, mais à l'exception de la concordance frappante du 1er septembre 1859, on n'avait pas étudié de plus près leur intime connexion. L'année 1882 est venue attirer l'attention sur le sujet et a rendu impossible de tenir pour fortuite leur contemporanéité. Lors de la grande tache du mois de novembre, la perturbation magnétique a commencé presque à l'heure même où la tache faisait son apparition au bord oriental du soleil; elle s'est maintenue en augmentant à mesure que la tache pénétrait dans le disque; en même temps des aurores boréales étaient constatées chaque nuit, les plus considérables ayant lieu lorsque la tache atteignait son maximum réel et apparent d'étendue, et passait par le méridien central du soleil.

On trouvera donc bizarre d'apprendre, au moment où la concordance des phénomènes paraît s'établir, qu'un laborieux observateur d'aurores, placé très avantageusement pour les étudier, conclut à leur plus grande fréquence lorsque le soleil est dépourvu de taches, et à leur rareté relative lorsque l'activité solaire est la plus grande. Cette thèse découle pourtant de quinze années d'observations faites par le professeur S. Kleinschmidt à Godthaab, dans le Groënland méridional.

Le prof. Sophus Tromholt, après une discussion sérieuse de ces documents et leur comparaison avec d'autres de même espèce, provenant de régions voisines du pôle, nous rappelle que la concordance précitée est fondée sur des faits relatés seulement dans les zones tempérées. En revanche il conclut que tout ce qui concerne la fréquence des aurores boréales à Godthaab prouve que toutes choses se passent dans ces latitudes supérieures d'une façon absolument opposée.

En cherchant à éliminer l'influence d'un ciel plus ou moins nébuleux sur le nombre des aurores, le prof. Tromholt a été amené à contredire l'opinion de Weyprecht, attribuant une action favorable à leur production à la présence d'une couche de nuages. Il trouve le nombre des aurores observées variant presque exactement en raison inverse de la quantité des nuages.

Il compare le nombre des jours où des aurores ont été vues avec les chiffres en rapport avec la période des taches solaires établie par R. Wolf, et il constate non seulement que le parallélisme n'existe pas entre eux, mais qu'au contraire il y a opposition presque diamétrale entre les progrès en fréquence des aurores et des taches.

La statistique des aurores faite dans les contrées voisines du cercle polaire est naturellement peu abondante et fort incomplète. Mais les données fournies par Kleinschmidt à Godthaab entre 1865 et 1880 sont pleinement confirmées par les observations faites à Jacobshavn, Sukkertoppen, Upervinik et Iviktut au Groënland, et à Stykkisholm en Islande, à différentes époques entre 1846 et 1880. Elles lui garantissent la justesse de la conclusion ci-dessus : dans ces latitudes élevées, les minima d'aurores observées coïncident avec les maxima de taches solaires, et *vice versa.*

L'opposition entre les résultats obtenus dans les zones glaciales et la zone tempérée ne s'arrête pas à la période bien connue des onze années ; elle se manifeste aussi dans les variations annuelles. Dans les latitudes plus basses un maximum prononcé d'aurores a été remarqué à l'époque des équinoxes ; dans les régions polaires il a lieu au solstice d'hiver. De même pour la direction où elles se dessinent.

Au Groënland, on les voit presque toujours du côté du sud, au lieu du nord comme chez nous.

Weyprecht avait déjà démontré que les maxima aux équinoxes, remarqués dans les latitudes inférieures, étaient dus à une oscillation de la zone aurorale vers le sud à cette époque de l'année, et vers le nord au moment du solstice. En accord avec cette affirmation, les aurores boréales et zénithales ont été plus abondantes en hiver et moins aux équinoxes.

Pendant le cours d'une même nuit, on a trouvé une oscillation analogue, la zone aurorale avançant vers le nord en même temps que les heures se succèdent. Il y a plus d'aurores du côté sud pendant les heures du soir, plus d'aurores du côté du zénith ou du nord pendant les heures du matin.

Voici comment s'explique le désaccord entre les latitudes polaires et les tempérées en ce qui concerne la période des onze années. Au moment où la phase maxima approche à Godthaab, la proportion et le nombre des aurores boréales ou zénithales progressent; la zone aurorale est souvent alors dans sa position la plus australe, au moment du maximum d'activité solaire; les aurores sont moins fréquentes à Godthaab, et plus fréquentes dans des latitudes plus basses. Lorsque approche la période minima d'activité solaire, la zone aurorale avance vers le nord; en sorte que les trois périodes subies par les aurores, celle de onze ans, l'annuelle et la diurne, doivent toutes leur origine et la divergence de leur perception suivant les lieux et les époques, à une seule et même cause : l'oscillation de la zone aurorale du nord au sud.

Le prof. Tromholt a reconnu encore que les aurores sont non seulement plus nombreuses aux époques de maximum, mais aussi plus étendues, plus brillantes, et présentant plus de variétés de types qu'aux temps du minimum. Il croit que d'autres phénomènes, tels que les cirrus par exemple, en connexion avec les aurores ont, comme elles, leur maximum à l'époque du minimum d'activité solaire, et l'inverse. Il le présume aussi pour les perturbations magnétiques, tout en

reconnaissant que cette conclusion a encore besoin de preuves.

Il est curieux de constater que les aurores observées dans les latitudes inférieures n'ont point leur correspectif dans les latitudes élevées. Parmi les phénomènes brillants de ce genre, signalés dans nos régions entre 1869 et 1874, deux ou trois ont été aperçus à Godthaab. La splendide aurore du 4 févr. 1874, vue en Angleterre, en Belgique, etc. a été ignorée au Groënland.

Il serait fort important d'établir un grand réseau de lieux d'observations, pour analyser le phénomène, encore inexpliqué, de cette variation ou oscillation dans la zone des aurores. Le prof. Tromholt a, l'hiver dernier, occupé la station de Kautokeino en Finmark. Il croit avoir fixé à une moyenne de 157 kilomètres la hauteur des aurores, en comparant ses mesures avec d'autres, prises en même temps à Bossekop, environ un degré plus au nord.

Le plus curieux progrès réalisé récemment dans cette étude est dû au prof. S. Lemström, qui a réussi à produire une aurore artificielle. Il a couvert une surface d'environ 900 mètres carrés sur la colline de Oratunturi d'un fil de cuivre muni de pointes fines, verticales à chaque demi-mètre. Une des extrémités de ce fil était en communication avec un disque de zinc enfoui dans le sol au pied de la colline. De cet appareil il a pu faire jaillir une lueur blanc-jaunâtre qui produisait un spectre auroral pâle mais bien caractérisé.

CHIMIE

A. Calm. Amidoamylbenzol. (*Berichte*, XV, p. 1642. Zurich.)

En traitant l'alcool amylique par l'aniline en présence du chlorure de zinc, en tubes fermés et à 270°, on a $C_6H_4\begin{matrix} /H \\ \backslash NH_2 \end{matrix} + C_5H_{11}OH = H_2O + C_6H_4\begin{matrix} .C_5H_{11} \\ .NH_2 \end{matrix}$. Cet amidoamylbenzol paraît être identique à celui d'Hoffmann (*Berichte*, X, p. 528). Ainsi

les alcools se comportent de même que les phénols, l'hydroxyle est remplacé par le radical de l'amine.

G. BENZ. AMIDOETHYLBENZOL ET ETHYL-O-AMIDOTOLUOL.
(*Berichte*, XV, p. 1646. Zurich.)

L'auteur a étendu les recherches de Calm à l'alcool éthylique et a obtenu le *p.* amidoethylbenzol déjà connu et en traitant l'alcool éthylique par l'*o.* toluidine et le chlorure de zinc, il a préparé l'éthyl-o-amidotoluol $C_6H_3\begin{matrix}.C_2{\cdot}H_5\\ .CH_3\\ .NH_2\end{matrix}$, qui bout à 230°.

C. GRÆBE et H. SCHMALZIGAUG. DIPHTALYLE.
(*Berichte*, XV, p. 1673. Genève.)

Le diphtalyle fond à 334°-335° et a bien pour formule empyrique $C_{16}H_8O_4$, mais d'après les recherches de ces chimistes, au lieu d'être une kétone, ce serait une lactone

$$\begin{array}{ccccccc} & & C & = & C & & \\ & / & \backslash & / & \backslash & & \\ C_6H_4 & & O & & O & & C_6H_4 \\ & \backslash & / & \backslash & / & & \\ & & CO & & CO & & \end{array}$$

En effet, il donne facilement avec le brôme un produit d'addition et se réduit par l'action de la poussière de zinc et l'ammoniaque en produisant un acide $C_{16}H_{12}O_4$.

C. GRÆBE et R. EBRARD. EUXANTHONE.
(*Berichte*, XV, p. 1675. Genève.)

L'euxanthone, préparé au moyen du jaune indien, fond à 232°. Sa densité de vapeur correspond à la formule $C_{13}H_8O_4$, son éther méthylique forme des aiguilles jaunâtres, fusibles à 130°, l'éther éthylique fond à 126°, l'éther benzoique fond à 214° ; en réduisant l'euxanthone avec la poussière de zinc, on obtient un produit qui possède les mêmes propriétés que le carbodiphenyloxyde obtenu par Merz et Weith en partant du phénol. La synthèse de l'euxanthone en partant de

ce dernier corps, n'a pas réussi. On traite par l'acide sulfurique concentré, puis on fond le sel de potasse avec un excès d'alcali, mais on obtient de l'acide salycilique, au lieu d'euxanthone ou d'acide euxanthonique.

C. Söllscher. Homologues de la disoxybenzoïne et de la benzophénone. (*Berichte*, XV, p. 1680. Genève.)

L'éthyldésoxybenzoïne a été préparée par l'action du chlorure de l'acide phénylacétique sur l'éthylbenzoïne, en présence de chlorure d'aluminium; ce sont des feuilles fusibles à 64°; par oxydation on obtient de l'acide tériphtalique et par réduction l'éthyldibenzyle (*p*) qui bout à 293°-295°. La kétone, traitée par la potasse alcoolique à 150°, donne un alcool secondaire qui bout au-dessus de 350° et celui-ci se transforme par l'ébulition avec de l'acide sulfurique dilué en éthylstilbène $C_6H_5CH=CH—C_6H_4.C_2H_5$, feuilles fusibles à 89°.

Le métaxylène donne avec le chlorure de l'acide phénylacétique et le chlorure d'aluminium, une huile qui, peu à peu, laisse déposer des cristaux fusibles à 92°,5 et qui sont diméthyldésoxybenzoïne $C_6H_5CH_2CO.C_6H_2(CH_3)_3$, mais le produit principal reste liquide et est une isomère qui, par oxydation, fournit l'acide α xylidique; par conséquent la constitution de la kétone est $\underset{(4)}{C_6H_5CH_2CO}.C_6H_3\begin{cases}CH_3(1)\\CH_3(3)\end{cases}$

L'éthylbenzophénone (*p*) obtenue par l'éthylbenzine et le chlorure de benzoïle bout au-dessus de 300° et la diméthylbenzophénone obtenue de même en partant du métaxylène, bout au-dessus de 350° et par réduction donne un carbure $C_{15}H_{16}$ qui bout vers 290°.

C. Græbe et W. Mann. Action de l'hydrogène sulfuré sur le diazobenzol. (*Berichte*, XV, p. 1683. Genève.)

En conduisant un courant d'H_2S dans une dissolution de diazobenzol dans l'acide chlorhydrique, on obtient probable-

ment un sulfure de diazobenzol, qui se décompose très rapidement dans le liquide, avec explosion, même en donnant une huile qui passe à la distillation entre 285° et 310° et qui laisse déposer des cristaux de diphényldisulfide $(C_6H_5)_2S_2$. Ce liquide est le sulfophényle qui bout à 290°-292°.

F. Herold. Dérivés de l'Orthoanisidine. (*Berichte*, XV, p. 1684. Genève.)

L'auteur décrit le sel de platine de l'orthoanisidine et ses dérivés acetylés, chlorés et nitrés.

P. Köchlin et K. Heumann. Réactions du chlorure de sulfuryle. (*Berichte*, XV, p. 1736. Zurich.)

Le chlorure de sulfuryle agit sur le phosphore rouge suivant la réaction

$$3SO_2Cl_2 + P_2 = PCl_3 + 3SO_2$$

sur l'arsenic et l'antimoine de même, avec l'étain on obtient S_nCl_4, mais la réaction est moins nette; il n'agit pas, par contre, sur le carbone et le soufre, mais en présence de sels d'acides organiques, il donne le chlorure de l'acide comme le pentachlorure de phosphore.

H. Brunck et C. Græbe. Bleu d'alizarine soluble. (*Berichte*, XV, p. 1783. Genève.)

Si on laisse en contact de 8 à 15 jours, du bleu d'alizarine en pâte avec 25 à 30 °/₀ d'une dissolution de bisulfite de soude à 30° Beaumé et qu'on filtre, on obtient une combinaison soluble dans l'eau, qu'on peut obtenir cristallisée par évaporation ou qu'on peut précipiter par le sel de cuisine; ce produit a pour formule $C_{17}H_9NO_4 + 2SO_3HNa$ et c'est, comme dans la chinoline, le groupe renfermant l'azote qui se combine avec le bisulfite de soude.

R. MEYER. FORMULE DE LA BENZINE. (*Berichte*, XV, p. 1823. Coire.)

L'auteur maintient sa préférence de la formule prismatique de la benzine contre Claus qui préfère représenter la molécule par une forme hexagonale.

F. KRAFFT et B. STAUFFER. NITRILES DES ACIDES GRAS. (*Berichte*, XV, p. 1728. Bâle.)

Les acides gras sont d'abord traités par le pentachlorure de phosphore, puis le produit brut de la réaction par une dissolution concentrée d'ammoniaque ; on obtient ainsi un rendement presque théorique en amide.

La lauramide $C_{12}H_{25}NO$ fond à 102° et l'anhydride phosphorique la transforme en nitrile $C_{12}H_{23}N$ qui bout à 198°, sous une pression de 100^{mm} et forme des cristaux fusibles à 4°. L'amide de l'acide myristinique fond vers 104° et son nitrile $C_{14}H_{27}N$ fond à 19°. La palmitamide fond à 106°-107° et son nitrile $C_{16}H_{31}N$ fond à 31°. La stearamide fond à 108°.5 et son nitrile $C_{18}H_{35}N$ à 41°.

O. VON DUMREICHER. ACTION DU CHLORURE D'ALUMINIUM SUR LES MONODÉRIVÉS DE LA BENZINE. (*Berichte*, XV, p. 1866. Zurich.)

Le chlorure d'aluminium ne réagit pas sur le chlorure de benzine à 133° ; avec la benzine monobromée on obtient, par contre, de la benzine régénérée, de la paradibrombenzine fusible à 88° et de la dibrombenzine liquide bouillant à 217°. On aurait donc la réaction $2C_6H_5Br = C_6H_6 + C_6H_4Br_2$, mais il se dégage, en outre, de l'acide bromhydrique et il se forme des résines. Avec le iodure de benzine il ne se dégage point d'acide iodhydrique, mais on obtient de l'iode, de la benzine et de la benzine biiodée.

M. CERESOLE. DES ACIDES ACÉTACÉTIQUES. (*Berichte*, XV, p. 1871. Zurich.)

Les alcalis en dissolution aqueuse réagissent à froid sur

l'éther acétacétique en le saponifiant, il ne se forme ni kétone, ni acide acétique, mais si l'on chauffe, la kétone se forme avec formation de carbonate. Tous les homologues de l'acide acétacétique sont très peu stables, et l'on peut établir comme règle que les acides kétoniques sont stables seulement lorsque le groupe CO et le groupe COOH sont l'un à côté de l'autre (ac. benzoylformique), ou séparés par un reste aromatique (acide benzoylbenzoïque), ou séparés par plusieurs groupes CH_2 (ac. lævulinique), mais qu'ils sont instables lorsqu'ils ne sont séparés que par un seul groupe CH_2.

G. Lunge et R. Schoch. Hypoiodate de chaux.
(*Berichte*, XV, p. 1883. Zurich.)

L'iode, en présence d'hydrate de chaux et d'eau à la température ordinaire, donne à côté du iodure de calcium du iodate de chaux et en petite quantité un corps qui a pour formule $CaOJ_2$ ou $Ca(OJ)_2 + CaJ_2$, qui se décompose sous l'influence de la lumière et de la chaleur.

R. Meyer et Erwin Muller. Synthèse de l'acide cuminique.
(*Berichte*, XV, p. 1903. Coire.)

Les auteurs traitent le bromure d'isopopyle par l'iode et obtiennent facilement l'iodure d'isopopyle, celui-ci traité par la benzine et le bromure d'aluminium, donne le cumol, qu'on brome et transforme en acide cuminique par l'action de l'acide carbonique et du sodium (*Archives*, VIII, p. 367), en présence de benzine. L'acide fond à 116°-117° et est identique avec l'acide ordinaire.

H. Goldschmidt. Strychnine. (*Berichte*, XV, p. 1977. Zurich.)

En fondant la strychnine avec 10 fois son poids de potasse caustique et distillant avec de l'eau, on obtient une substance qui, traitée par les acides, fournit un produit qui présente tous les caractères de l'indol.

HANS WALDER. β DINAPHTOL. (*Berichte*, XV, p. 2166. Zurich.)

Le β dinaphtol se forme lorsqu'on ajoute du chlorure de fer à une dissolution de β naphtol dans l'éther; le rendement est de 60 %; il se décompose partiellement à la distillation; chauffé avec du zinc en poudre il se forme de l'α dinaphtyle, chauffé avec du chlorure de zinc on obtient un oxyde de dinaphtylène $(C_{10}H_{16})_2O$, fusible à 161°; avec le chlorure de zinc ammoniacal, on obtient une amine $(C_{10}H_{16})_2NH$ et avec l'aniline $(C_{10}H_{16})_2NC_6H_5$; ces combinaisons sont cristallines et se décomposent par la chaleur; par le chlorure d'acétyle, on peut obtenir de la dinaphtylénamine un dérivé acétylé

$$\begin{matrix} C_{10}H_{16} \\ | \\ C_{10}H_{16} \end{matrix} \!\!>\! NC_2H_3O.$$

A. HERZEN. INFLUENCE DE L'ACIDE BORIQUE SUR DIFFÉRENTES FERMENTATIONS. (*Bull. de la Soc. vaudoise des sc. nat.*, juin 1882, n° 87.)

La présence d'une certaine quantité d'acide borique exerce sur la marche de certaines fermentations une influence très curieuse, tantôt favorable, tantôt défavorable. Ainsi :

1° La transformation de l'amidon en glucose, au moyen du ferment salivaire ou pancréatique, n'est point influencée par l'acide borique, même si le véhicule de l'infusion est une *solution saturée* d'acide borique.

2° La transformation du glucose en alcool est *favorisée* par la présence de l'acide borique, même en très petite quantité; le moût, par exemple, fermente plus vite et donne un vin contenant environ 11 % d'alcool, au lieu de 8 %, si on y ajoute au début de la fermentation *un millième* d'acide borique.

3° La transformation de l'alcool en acide acétique est *complètement empêchée* par la présence de très petites doses d'acide borique; ainsi, le vin boriqué se refuse absolument à donner du vinaigre.

Par rapport aux corps albuminoïdes, voici ce que j'ai observé :

1° La transformation de l'albumine et de la fibrine en peptone et en tryptone, au moyen de la pepsine et de la trypsine, est *remarquablement accélérée* si on infuse la muqueuse stomacale ou le pancréas dans une solution saturée d'acide borique; il est à remarquer que par rapport à la pepsine, l'acide borique ne joue pas le rôle d'un acide, de sorte qu'on est obligé d'aciduler l'infusion stomacale boriquée, avec de l'acide chlorhydrique, exactement comme si l'infusion était faite dans l'eau pure. Il m'a semblé, en outre, que si on réussit à obtenir une infusion stomacale ou pancréatique libre de ferment et chargée seulement de zymogène, la transformation de celui-ci en pepsine ou en trypsine est empêchée ou du moins considérablement ralentie; si ce fait se confirmait, il ferait de l'acide borique un précieux véhicule pour les recherches sur la digestion; quoi qu'il en soit, il me paraît déjà mériter le premier rang parmi les véhicules des digestions artificielles, vu que :

2° Toute putréfaction est *absolument empêchée* par l'acide borique. On sait avec quelle facilité se putréfie l'infusion acqueuse du pancréas : elle se décompose si rapidement, que quelques physiologistes ont complètement nié au suc pancréatique la faculté de digérer les albuminoïdes, et l'ont accusé de ne produire que leur putréfaction; il suffit de faire l'infusion du pancréas (pourvu que l'animal soit en pleine digestion, et n'ait pas subi l'extirpation de la rate) dans une solution concentrée d'acide borique, pour pouvoir la conserver pendant des mois entiers parfaitement limpide et fraîche, et en étudier à loisir le pouvoir digestif.

De gros morceaux de viande, trempés pendant quelques heures dans une dissolution concentrée d'acide borique, et emballés ensuite dans des tonneaux ou dans des caisses de ferblanc, se conservent indéfiniment ; même la structure microscopique de la fibre musculaire et de la fibre nerveuse se maintient parfaitement, pendant des mois entiers ; j'ai constaté cela sur de la viande que j'avais expédiée à Buenos-Ayres et qui m'avait été renvoyée en Italie; cette observation a été confirmée par Maurice Schiff et par Franz Boll. De plus, des animaux entiers injectés avec une solution saturée d'acide

borique, se conservent à l'état de parfaite fraîcheur aussi longtemps qu'on veut.

Ces deux derniers faits m'ont poussé à faire cette communication, quoique, loin d'être un travail achevé, elle ne soit qu'un embryon de travail. En vue des deux cas de mort, qui ont dernièrement affligé les Universités de Bâle et de Berne, pour cause de piqûres anatomiques, je me suis demandé si l'emploi de l'acide borique sous les deux formes d'*injection* et de *bain*, ne pourrait pas prévenir de tels accidents; que je sache, il n'a jamais été employé pour la conservation des sujets dans les théâtres anatomiques. J'ai prié mon honoré collègue, M. le professeur Bugnion, de mettre ce procédé à l'épreuve; une première expérience semble promettre de bons résultats, mais elle est insuffisante; j'espère que M. Bugnion voudra bien nous communiquer prochainement le résultat de ses observations.

Si maintenant nous nous demandons comment et pourquoi l'acide borique exerce une influence si variée et si disparate sur les différentes fermentations, nous sommes bien obligés d'avouer que nous n'en savons rien; les faits que j'ai indiqués ouvrent un vaste horizon devant de nouvelles recherches, et mon désir serait de voir quelques-uns de mes collègues en entreprendre l'étude, chacun du point de vue de sa spécialité; de cette façon on arriverait plus vite à la vérité. Ainsi le chimiste devrait déterminer dans quelle mesure les différentes fermentations sont favorisées ou empêchées par l'acide borique plus ou moins concentré, et décider si l'on peut arriver à une généralisation comme la suivante: l'acide borique favorise les *hydratations* et les *dédoublements* et empêche les *oxydations;* le microbiologiste devrait se poser de nouveau le problème relativement au rôle des *ferments organisés* dans les fermentations alcoolique, acétique et putride: est-ce que l'acide borique favorise la végétation et l'activité du mycoderma cerevisiæ? Est-ce qu'il empêche, au contraire, celle du mycoderma aceti? Et, s'il ne l'empêche pas, comment se fait-il que la formation de l'acide acétique n'a pas lieu en sa présence?

Relativement à ce dernier point, je puis donner les détails suivants:

Le mycoderma aceti vit et se multiplie dans des liquides contenant beaucoup plus d'acide borique que la dose suffisante pour empêcher l'acétification du vin. Voilà deux faits en apparence contradictoires; mais ils le sont seulement, si on admet que le mycoderma aceti est la *cause* de la formation du vinaigre; si, au contraire, on admet qu'il en est la *conséquence*, toute contradiction disparaît. Voici une expérience qui peut jeter quelque lumière sur la question.

On prend trois flacons contenant :

A. Du vin avec 0,001 d'acide borique;

B. De l'eau avec 5 % d'acide acétique;

C. De l'eau avec 5 % d'acide acétique et 5 % d'acide borique.

On *inocule* ces trois flacons avec du mycoderma aceti, et on trouve au bout de quelque temps qu'il a péri dans le flacon A, tandis qu'il s'est propagé dans les flacons B et C. Ne dirait-on pas qu'il est un parasite du vinaigre et non de l'alcool?

J'ai obtenu ce résultat de différentes manières et mes expériences ont été répétées et confirmées par M. Bergonzini, à Modène, qui arrive à la conclusion que le mycoderma aceti n'est pas la cause de la fermentation acétique, mais un épiphénomène de cette fermentation, un microbe se nourrissant surtout d'acide acétique, apparaissant et se multipliant là où il y a production d'acide acétique, mais *après coup*. L'acide borique semblerait donc empêcher le premier pas chimique de l'alcool vers une modification dont le résultat est l'acide acétique.

M. Bergonzini arrive à une conclusion semblable par rapport à la putréfaction (V. *Annuario della Società dei Naturalisti di Modena*, fasc. IV, 1879).

PALÉONTOLOGIE.

Mémoires de la société paléontologique suisse. Vol. IX, 1882, in-4°, avec 42 pl. Genève, 1882.

Ce nouveau volume l'emporte encore sur les précédents, sinon pour l'étendue du texte, du moins pour le nombre des planches. Il contient deux mémoires complets. Le premier est une description des *Chéloniens de la mollasse vaudoise*

due au Dr *Allessandro Portis*, de Turin, déjà connu par des travaux paléontologiques sur cet ordre de Reptiles. Elle occupe 78 pages et est accompagnée de 29 planches fort bien exécutées en phototypie.

Les Tortues de la Mollasse du canton de Vaud avaient été étudiées par Pictet et Humbert[1], mais depuis l'époque où ces auteurs ont publié leurs recherches, le musée de Lausanne s'est enrichi d'une grande quantité d'échantillons nouveaux, de sorte que le nombre des espèces tertiaires de notre pays a notablement augmenté.

L'auteur décrit d'abord les Chéloniens à test lisse des lignites de Rochette (Mollasse inférieure); ce sont six espèces du genre *Emys* (*E. Laharpi*, Pictet et Humb., *tuberculata*, Portis, *Charpentieri*, Pictet et Humb., *lignitarum*, Portis, *Renevieri*, Portis, *sulcata*, Portis) et une espèce du genre *Pleurosternon* (*Pl. miocenicum*, Portis). L'*Emys Gaudini*, Pict. et Humb. qui est placée par M. Portis dans le genre *Kinixys* (= Ptychogaster, Pomel) est commune aux lignites de Rochette et à la mollasse moyenne. Comme spéciales à cette dernière couche, notre auteur compte trois Cistudes (*Cistudo Heeri*, Portis, *Razoumowskyi*, Pict. et Humb., *Morloti*, Pict. et Humb.), une Tortue bien caractérisée (*Testudo Escheri*, Pict. et Humb.) et une autre incertaine (Testudo sp.). Plus heureux que ses prédécesseurs, M. Portis a eu des échantillons de Trionyx permettant d'établir des distinctions spécifiques et il a pu ainsi caractériser trois espèces nouvelles (*Trionyx Lorioli*, *Rochettiana*, *valdensis*). Quant au genre *Trachyaspis* aucun nouvel échantillon n'est venu s'ajouter à ceux que H. v. Meyer et Pictet et Humbert avaient fait connaître.

La liste par ordre zoologique qui se trouve à la fin du mémoire comprend 25 espèces parmi lesquelles il y en a un certain nombre qui ne sont encore représentées que par des fragments trop incomplets pour recevoir un nom spéci-

[1] F.-J. Pictet et Aloïs Humbert, *Monographie des Chéloniens de la Mollasse suisse*. In-4°, 22 pl. Genève, 1856. (Matériaux pour la Paléontologie suisse). — *Les mêmes.* Note sur un nouvel exemplaire de l'*Emys Laharpi*, Pict. et Humb. découvert par M. de la Harpe dans les lignites des environs de Lausanne (*Bull. de la Soc. Vaud. des sc. nat.*, vol. VI, p. 39-42, Séance du 5 mai 1858).

fique. Il faut mentionner également dans ce caput mortuum les deux espèces décrites par Bourdet sous les noms de *Emys de Fonte* et *Emys Cordieri*.

Les *Etudes sur la faune des couches du Gault de Cosne (Nièvre)*, par M. de Loriol, ne se rapportent pas proprement à la faune paléontologique suisse, mais pour les naturalistes « il n'y a point de Pyrénées », du moins dans le sens politique. Ces fossiles de Cosne sont d'un grand intérêt au point de vue de la comparaison avec ceux du gault suisse. Les matériaux dont s'est servi l'auteur ont été récoltés par Ebray, auquel on doit aussi des renseignements stratigraphiques sur la localité en question. Ses échantillons se trouvent tous dans le Musée de Genève où ils sont entrés soit indirectement avec les collections de Pictet, soit directement avec la collection Ebray.

Dans son résumé M. de Loriol distingue deux couches : la première est celle du *Grès inférieur* qui a fourni 89 espèces déterminables dont près de la moitié étaient nouvelles. On ne compte là-dessus que trois espèces de Céphalopodes représentées seulement par huit échantillons. Il y a 32 espèces déterminables de Gastéropodes et 54 d'Acéphales. Cette faune est surtout remarquable par l'absence de certaines formes que l'on est habitué à rencontrer abondamment dans le gault, telles que les genres *Pleurotomaria* et *Solarium*, ainsi que les *Inoceramus concentricus* et *sulcatus*. Les Brachiopodes font complètement défaut. Ces grès inférieurs possèdent la faune caractéristique du gault inférieur, mais avec un facies spécial ; le nombre relativement assez considérable d'espèces de Blackdown qu'on y retrouve, les relie en quelque manière à l'étage vraconnien.

La seconde couche est celle des *graviers supérieurs* ou *couche des Brocs*, dans laquelle M. de Loriol a pu reconnaître 17 espèces, dont 4 Gastéropodes, 11 Acéphales et 2 Brachiopodes. « Cette faune a un caractère essentiellement vraconnien, mais se rapprochant beaucoup plus de la faune du cénomanien que de celle du gault inférieur. » Le mémoire de M. de Loriol est accompagné de 13 planches représentant toutes les espèces intéressantes ou nouvelles. A. H.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE[1]

Séance du 4 janvier 1883.

M. le docteur Prevost, à l'occasion d'une intoxication par le nitrate acide de mercure qu'il observa chez l'homme, a été amené à étudier les symptômes et les lésions produites par ce poison et par d'autres préparations mercurielles (sublimé en solution aqueuse ou sous forme de peptonate) chez des *lapins*, *cochons d'Inde*, *rats*, *chats*, *chiens*. Ce travail, qui a paru dans la *Revue médicale de la Suisse romande*, 1882 et 1883, peut se résumer dans les conclusions suivantes :

1° La voie hypodermique a donné des symptômes et des lésions à plus faible dose que la voie stomacale.

2° M. Prevost a constaté la violente hypérémie intestinale que produit le sublimé injecté à forte dose sous la peau.

3° Avec le concours de M. le Dr Eternod, il a étudié les lésions du rein et il a pu montrer qu'elles consistaient en une calcification plus ou moins accusée des tubuli qui pourrait, au premier abord, être confondue avec une stéatose.

4° Cette calcification du rein, déjà signalée par Saikowsky et d'autres auteurs, est plus accusée chez les rongeurs (*lapins*, *cochons d'Inde*, *rats*), chez lesquels elle apparaît comme l'avait déjà dit Saikowsky dès la 18me heure qui suit l'intoxication.

5° M. Prevost a reconnu que, contrairement à l'opinion de Saikowsky, on peut constater une calcification semblable chez le chat et même chez le chien, et que ce n'est pas à une stéatose et à un autre processus que l'on a affaire chez ces animaux : si l'altération est moins accusée, le processus est le même.

6° La calcification des reins apparaît surtout dans les intoxications subaiguës amenant la mort en quelques jours. Les

[1] En vertu d'un arrangement conclu dernièrement entre la *Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève* et les *Archives*, nous espérons pouvoir dorénavant donner à nos lecteurs un compte rendu régulier des séances de cette Société à laquelle nous serons très heureux de servir ainsi d'organes. *Réd.*

injections de doses massives de sublimé la produisent plus facilement que l'injection successive de faibles doses. Cette calcification s'accompagne de diminution des urines et généralement d'albuminurie.

7° M. Prevost a pu constater en outre que, parallèlement à la calcification des reins, il se produit une décalcification des os qui, dans deux cas, fut assez accusée pour rendre les épiphyses des os longs mobiles sur les diaphyses.

8° L'analyse chimique des os longs intoxiqués, faite par M. Frutiger, assistant au laboratoire de chimie biologique, a démontré que la décalcification des os produit dans le tibia une diminution des parties solides atteignant habituellement — 2 à — 4 °/₀ et pouvant atteindre — 9 à — 10 °/₀.

9° Dans des expériences consistant à désarticuler avant l'empoisonnement un tibia pour le conserver comme témoin de la déperdition en calcaire de l'autre tibia, sous l'influence du mercure, il a été constaté que la simple désarticulation d'un tibia produit normalement une augmentation progressive des principes fixes de l'autre tibia.

Cette particularité est une cause d'erreur dont il faut tenir compte; elle était propre à troubler les résultats de l'analyse et les conclusions de ce travail, en faisant croire au premier abord à une diminution moindre des principes fixes du tibia intoxiqué, comparé au tibia désarticulé pris comme témoin.

10° Il résulte de ces recherches que c'est à la décalcification des os qu'il faut rapporter l'accumulation de dépôts calcaires dans les reins, par voie d'élimination. Cette interprétation du phénomène n'a été donnée par aucun des auteurs qui ont étudié la calcification des reins produite par l'intoxication mercurielle aiguë.

M. le prof. Fol expose les principaux résultats de l'étude détaillée qu'il a faite d'un animal de la classe des rhizopodes, décrit d'une manière très insuffisante par R. Hertwig, sous le nom de *Sticholonche zanclea*. Au milieu de son corps, uniquement formé de sarcode, se trouve un organite qui a la forme d'un haricot ou d'un rein, et ce corpuscule est rempli d'une substance parfaitement homogène, au sein de laquelle est suspendu un globule réfringent, ayant l'air d'un nucléole. L'enveloppe membraneuse du corps réniforme est garnie

sur sa face externe d'une couche de bâtonnets, plus allongés du côté convexe que du côté opposé. Quatre rangées de bras rigides traversent le sarcode pour s'implanter sur les quatre rangées les plus longues de bâtonnets. L'enveloppe externe est formée d'une espèce de feutre de petits tubes entrecroisés, et c'est sur cette sorte de corbeille que sont insérés extérieurement neuf groupes de piquants. Les individus de cette espèce se présentent sous deux formes distinctes, dont l'une renferme un corps spiral de structure complexe, l'autre un groupe de corpuscules arrondis. Ces derniers paraissent être des corpuscules reproducteurs; quant au corps spiral, c'est un organisme en forme de cône creux, replié sur lui-même, qui se retourne au moment de son éclosion et s'enfuit à l'aide des cils vibratiles dont sa surface est garnie. — Reste à savoir quelle place il convient d'assigner au *Sticholonche* dans la classification. M. Fol pense que l'on a fort exagéré les différences entre les radiolaires et les foraminifères, et qu'en tous cas le rhizopode en question diffère davantage des uns et des autres, que ceux-ci ne diffèrent entre eux. Il s'éloigne tout autant des acinètes et n'a aucun rapport avec les amibes parmi lesquelles R. Hertwig l'avait placé. En conséquence il propose d'en faire un ordre nouveau, auquel il donne le nom de *Taxopodes*. Cet ordre se caractérise par l'arrangement et la rigidité de ses bras, son armature de piquants disposés par groupes, et la forme caractéristique de son noyau, ainsi que par la disposition de ses corps reproducteurs.

M. Ph. Plantamour signale le niveau extraordinairement élevé du lac en ce moment. Les pluies ont fait monter le lac, entre autres, de 20 centimètres du 26 au 28 décembre, crue qui ne se présente guère qu'en juin, lorsque des pluies chaudes et abondantes accélèrent la fonte des neiges sur les montagnes; cette analogie a continué, quoique sur une moindre échelle, jusqu'au 3 janvier, et le 4 le lac a atteint la cote $2^m,066$ qui est de $0^m,39$ plus élevée que le maximum de l'été précédent. Il pense que cette hauteur ne sera pas dépassée cet hiver.

M. Edouard Sarasin expose les pricipaux résultats des re-

cherches de M. Langley sur le spectre solaire infra-rouge [1].

Séance du 18 janvier.

M. Casimir DE CANDOLLE, président sortant de charge, donne lecture de son rapport sur la marche de la Société pendant l'année 1882 [2].

Séance du 1er février.

M. Raoul GAUTIER communique à la Société les premiers résultats du travail qu'il vient de faire sur la grande comète de septembre 1882. Ce travail a paru *in extenso* dans les *Archives* [3].

M. Henri DE SAUSSURE lit une notice sur les grands cerfs de l'extrémité méridionale de l'Amérique, soit sur le *Cervus paludosus*, Desm., et le *C. Chilensis*, d'Orb.

Le *C. paludosus* est un cerf de grande taille, propre au sud du Brésil et à la république Argentine. Ses bois ont pour caractère d'être toujours bifurqués, mais d'offrir avant la bifurcation un merrain assez long. L'auteur ayant réussi à se procurer la série complète des bois de cette espèce, allant du premier âge jusqu'à l'état le plus adulte, expose les différentes formes qu'ils prennent dans leur développement successif, et cela au moyen d'une collection de 14 paires, récemment acquise par le musée de Genève. Ces appendices

[1] Voyez *Archives*, 1883, t. IX, p. 89.

[2] Outre l'exposé de tout ce qui a trait à la gestion de la Société, et aux décisions prises par elle relativement à son régime intérieur, à son personnel, etc., ce rapport contient selon l'usage le compte rendu de tous les travaux présentés à la Société dans le cours de l'année et des notices biographiques sur les membres décédés. Il renferme, en particulier, un exposé très détaillé de la carrière scientifique d'Emile Plantamour qui a été reproduit dans les *Archives* (Voyez plus haut, page 392).

[3] Voyez plus haut, p. 357.

sont bifurqués dès la première année, mais la fourche n'est encore que très petite. Dès la troisième année, les branches de la fourche se bifurquent à leur tour et à partir de ce moment les bois augmentent en épaisseur plutôt qu'en longueur, et la perche se charge de petits andouillers courts. Les bois les plus adultes portent 11 andouillers ; ils sont remarquables par leur translucidité et par leur aspect gras. Il existe à Genève, dans la collection de M. de Westerweller, deux autres paires de bois presque aussi remarquables, provenant de la même espèce.

Le *C. Chilensis* est, pour ainsi dire, le correspondant du renne dans l'hémisphère austral. Il habite la Terre de Feu, la Patagonie, et suit les neiges des Andes jusqu'au Pérou. Ses bois ne paraissent pas atteindre de fortes dimensions. Ils sont bifurqués dès la base et portent un ou deux andouillers supplémentaires. Ce cerf est encore imparfaitement connu. Le musée de Genève en a reçu une peau en mauvais état qui lui fut jadis envoyée de Patagonie par M. G. Claraz.

La notice de M. de Saussure paraîtra dans le tome XXVIII des *Mémoires* de la Société.

M. le prof. A. DE CANDOLLE rend compte d'une discussion intéressante qui s'est élevée entre M. Nathorst et M. le marquis de Saporta sur la nature de certains fossiles, attribués par le premier à des traces de mouvements d'animaux sur le sable, et par le second, de même que par la majorité des paléontologistes, à des empreintes d'algues. M. de Candolle montre les belles planches publiées par M. de Saporta dans son mémoire intitulé : *A propos des Algues fossiles*, in-8°, Paris, 1882.

M. FOL signale le beau travail de M. Eimer sur les dessins que présentent la robe ou le plumage des mammifères et des oiseaux. Ce savant vient de publier la première partie relative aux mammifères.

M. FOL décrit ensuite une nouvelle forme de drague qu'il a imaginée. Le cadre consiste en un anneau de fer replié de manière à former deux fers à cheval reliés par une courbe très courte. Ce cadre porte une poche en filet ordinaire qui doit être très ample pour que les mailles du filet prennent

une forme allongée. Il l'a employée à Villefranche en la faisant traîner par un petit bateau à vapeur et il a obtenu d'excellents résultats, jusqu'à des profondeurs de 500 à 600 mètres. Il pare, à l'aide de cette disposition, aux inconvénients de l'*ingenio* des pêcheurs italiens qui ne tombe pas toujours du bon côté, et à ceux de la drague du Challenger qui prend plus de vase que d'animaux.

M. Ph. PLANTAMOUR confirme le fait que le lac a effectivement atteint sa plus grande hauteur le 4 janvier à $2^{m},066$. Dès ce jour, la température s'est considérablement refroidie et la pluie a cessé. Le lac s'est mis à baisser, mais assez lentement pour être resté du 3 au 7 inclusivement, c'est-à-dire pendant 5 jours, plus élevé que le maximum de l'été précédent, en moyenne de 2 centimètres, fait qui, à ce qu'il croit, ne s'est pas encore présenté. Cette hauteur exceptionnelle n'a pas été toutefois un accident de courte durée. Si l'on met en regard la moyenne des trois mois d'été de 1882 (juin $1^{m},610$, juillet $1^{m},871$, août $1^{m},845$), savoir $1^{m},775$, avec celle des deux mois décembre 1882 ($1^{m},738$) et janvier 1883 ($1^{m},831$), c'est-à-dire $1^{m},784$, on voit que le lac s'est tenu en moyenne 9 millimètres plus haut pendant ces deux mois d'hiver que pendant les trois mois des plus hautes eaux de l'été précédent. Le mois de janvier seul offre une hauteur moyenne de 56 millimètres plus élevée que celle déjà citée des trois mois d'été.

Séance du 15 février.

M. Casimir DE CANDOLLE expose la suite de ses recherches sur les rides du fond de l'eau, avec nombreuses planches photographiques à l'appui. Ce mémoire a été publié dans les *Archives* [1].

M. le professeur SCHIFF montre des photographies du cerveau de plusieurs chiens auxquels on avait enlevé la portion de cet organe que l'on considère comme étant le centre du mouvement. Cette extirpation n'avait produit, du reste, au-

[1] Voyez plus haut, p. 241.

cune perturbation dans les mouvements de ces animaux, qui vivent depuis plusieurs mois au laboratoire.

M. Fol a reconnu que les prolongements que présente la carapace d'un grand nombre d'animaux inférieurs sont des organes du toucher donnant à distance le signal d'un danger et permettant à l'animal de renverser à temps la direction de son mouvement. Telle est la fonction des prolongements de la carapace de diverses larves de crustacés decapodes. Le même but est atteint chez un genre nouveau d'infusoires appartenant à la famille des *Tintinnodea*, par le fait que cet animalcule attache sa coquille à des algues de forme très allongée qu'il transporte avec lui.

M. Raoul Pictet a observé que dans les mélanges d'acide sulfureux et d'eau, la tension varie considérablement avec la température; l'acide sulfureux s'hydrate moins aux températures basses qu'aux températures plus élevées. Il en conclut que deux liquides qui ne sont pas, ou presque pas, mélangeables aux températures basses, le deviennent aux températures et aux pressions supérieures.

M. Wilh. Meyer montre des photographies de la planète Mars faites d'après les dessins de M. Schiaparelli, directeur de l'Observatoire de Milan et qui mettent en évidence les singuliers filaments ou canaux si caractéristiques de l'apparence de cette planète et qui paraissent être le résultat de travaux systématiques exécutés par des êtres intelligents.

Séance du 1er mars.

M. Marc Micheli communique sommairement les résultats d'un travail sur les légumineuses du Paraguay destiné à paraître dans les *Mémoires* de la Société, accompagné de 23 planches. La base de ce travail est une collection rapportée par M. Balansa, comprenant 314 numéros, répartis en 59 genres et 213 espèces. D'après ses limites naturelles, le Paraguay est une province géographique du Brésil. Ce fait est absolument confirmé par les légumineuses, qui appar-

tiennent toutes à des genres brésiliens. La plupart des espèces ont été décrites dans la Flore du Brésil. Quant aux espèces nouvelles (10 °/₀ environ) elles ont également tout à fait le type brésilien et seront probablement retrouvées dans les provinces méridionales de l'empire. Deux types génériques nouveaux (*Bergeronia* et *Holocalyx*) sont les représentants de genres voisins absolument tropicaux (Lonchocarpus et Swarztia).

Par contre, l'affinité est beaucoup moindre avec la République argentine : 18 °/₀ seulement des espèces du Paraguay sont mentionnées dans les flores argentines. Ainsi le caractère général de la flore du Paraguay serait celui d'une des provinces méridionales du Brésil. Ces conclusions, basées sur l'étude d'une seule famille, sont peut-être prématurées, mais elles sont justifiées au moins en partie par l'importance des légumineuses.

M. MULLER dit avoir également reconnu cette ressemblance entre les flores du Paraguay et du Brésil pour les Lichens. Pour cette famille cependant, il a obtenu, pour les deux pays, selon les contrées et selon les collecteurs, 45 à 70 °/₀ de nouveautés sur le nombre total des Lichens reçus de chaque localité.

Séance du 15 mars.

M. FOL signale les observations de M. Meehan sur les traces que la *Hippa talpoidea* marque sur les plages du bord de la mer [1].

M. FOL rend compte ensuite du travail de M. F.-E. Schultze sur le *Platysma*, petit animal marin nouveau, que M. Fol avait observé lui-même à Messine, sans l'avoir encore décrit, croyant avoir affaire à une forme embryonnaire de quelque planaire.

M. S. NEWCOMB, l'illustre astronome américain, fait un court rapport en anglais sur la mission qu'il vient d'accomplir au cap de Bonne-Espérance, pour l'observation du der-

[1] Voyez *Archives*, 1883, t. IX, p. 415.

nier passage de Vénus. Il ne peut divulguer encore les résultats de ses observations. Il se borne à annoncer qu'elles ont eu un plein succès et qu'il a pu faire 300 photographies pendant le phénomène du passage.

L'instant du contact intérieur n'a pu être apprécié qu'à deux ou trois secondes près, par le fait de l'apparition d'un filet lumineux entourant le disque de la planète et provenant vraisemblablement de son atmosphère. Pendant cinq secondes environ, il a été impossible de savoir si la jonction des deux cornes lumineuses du disque solaire avait réellement eu lieu. Ce n'est qu'ensuite qu'on a pu discerner l'éclat de la lumière du soleil débordant derrière le disque de Vénus; de là l'incertitude dans l'observation du contact.

M. le prof. A. de Candolle expose que dans son ouvrage intitulé *Origines des plantes cultivées*, il a tiré souvent des conclusions de l'existence d'un nom sanscrit de plante, pour indiquer l'ancienneté d'une espèce dans l'Inde; qu'il a cependant conservé des doutes sur la valeur de ces noms sanscrits donnés principalement par Roxburgh à une époque où les connaissances linguistiques étaient encore peu avancées. L'*Index* de Piddington repose sur les mêmes documents et les dictionnaires modernes sanscrits, comme celui de Fick, contiennent peu ou point de noms d'espèces. Adolphe Pictet a fort bien traité quelques-unes des questions dans son ouvrage sur les *Origines des peuples indo-européens* (2me édition, 1878), mais il ne parle que d'un petit nombre de plantes. Roxburgh n'explique jamais par une citation de texte pourquoi il applique un nom à une espèce. Dans cet état de choses, M. de Candolle a consulté M. C.-B. Clarke, ancien directeur du jardin botanique de Calcutta, dont il connaît l'érudition, et ce savant lui a donné les informations suivantes :

Roxburgh a reçu les noms sanscrits de plantes de sir William Jones, qui était au commencement du siècle le seul Anglais versé dans cette langue. Ce sont des noms ordinairement corrects au point de vue linguistique, mais on peut douter qu'ils aient été donnés il y a 3000 ans à telle ou telle espèce, à moins qu'on les trouve aujourd'hui, intacts ou modifiés, dans le bengali, dialecte simplifié du sanscrit. Les collèges du Bengale, appelés *Toles*, remontent aux plus

anciens temps. Les élèves y parlent sanscrit, à ce point qu'ils ignorent le bengali. Les anciens noms d'arbres et de plantes usuelles se sont conservés sans interruption dans ces collèges, sauf de rares transpositions d'une espèce à une autre. Par exemple, *Budum* est l'ancien nom du Terminalia Catappa, dont on mange la graine ; l'Amandier, introduit dans l'Inde, a été appelé *Bilatee Budum* (Budum étranger), et l'on a abandonné l'épithète en l'appelant aujourd'hui l'Amandier *Budum*.

Roxburgh connaissait peu le bengali. D'ailleurs, il n'avait visité que le Bengale et la partie orientale de la péninsule indienne. Il ne pouvait mentionner en fait de plantes du nord et de l'ouest de l'Inde qu'un petit nombre d'espèces de Chittagong, communiquées par Hamilton. L'absence dans le *Flora indica*, des espèces cultivées au pied de l'Himalaya ne prouve donc rien, tandis que la citation d'un nom sanscrit, appuyé par le même nom en bengali, signifie beaucoup.

D'après ces informations, M. de Candolle pense qu'un botaniste anglo-indien, versé dans les langues orientales, ferait un travail fort utile en reprenant l'étude des noms de plantes, avec les données actuelles de la botanique et de l'érudition sanscrite, mais il faudrait appuyer chaque assertion par la traduction des passages du sanscrit, comme on le fait pour les noms hébreux contenus dans l'Ancien Testament.

M. le prof. Wartmann signale à ce propos le peu de netteté des indications fournies par la langue sur la notion des couleurs aux temps reculés. L'azur, par exemple, n'est jamais mentionné par les poètes hindous.

M. Humbert, de son côté, insiste sur les changements que subissent souvent d'un lieu à un autre les noms vulgaires d'animaux et de plantes.

M. Humbert expose ensuite la découverte qui vient d'être faite à peu près simultanément, par M. Leuckart et M. Thomas, de la manière dont se fait le développement du distome du foie (*Fasciola hepatica*).

M. Wartmann rend compte du travail qui vient d'être exécuté sous la direction de M. Vierordt sur la loi de variation de l'intensité du son avec la distance. Cette variation ne serait

pas toujours, comme il est admis, proportionnelle au carré de la distance.

M. le prof. Cellérier rappelle, à ce propos, que la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'air influe beaucoup sur la transmission du son.

M. Ph. Plantamour communique ses observations sur la température exceptionnellement basse de la première quinzaine du mois de mars à Sécheron et la persistance de cette basse température pendant ces quinze jours. La moyenne à Sécheron de ces quinze minima est —4°,6. Les minima observés pendant cette période à l'Observatoire de Genève, dont la moyenne est —2°,9, ont été comme on le voit notablement plus élevés; mais il y a aussi eu des jours où ils ont été plus bas et d'autres où ils ont été égaux. En voici un exemple : le 11 mars le minimum à Sécheron s'est abaissé à —10°,3, à l'Observatoire à —6°,9 ; le 10 à Sécheron le minimum a été de —3°,3, à l'Observatoire —5°,1 ; enfin le 23 le minimum à Sécheron est descendu à —2°,2 et à l'Observatoire à —2°,1. Laissant de côté la question des thermomètres, cela prouve en tout cas que les températures sont des phénomènes tout locaux. A des endroits même très rapprochés, les températures peuvent varier d'une manière assez considérable selon les vents ou les courants d'air qui règnent dans un moment donné et suivant les abris plus ou moins lointains interposés que l'on ne prend pas toujours suffisamment en considération.

M. Alb. Rilliet attire l'attention sur un très intéressant article publié sans nom d'auteur dans le n° du 22 février dernier du journal anglais *The Nature*, relatif aux applications de l'électricité à la vie civile.

Séance du 5 avril.

M. Alph. de Candolle communique des fragments d'une publication qui paraîtra prochainement, intitulée *Nouvelles remarques sur la nomenclature botanique*, soit *Supplément au commentaire sur les lois de la nomenclature*, de 1867. Il

explique d'abord que, depuis le congrès international de cette année (1867), trois sociétés ou réunions de naturalistes ont publié des projets et des rapports de commissions sur la nomenclature en histoire naturelle. Le premier, qui mérite beaucoup d'éloges, est de M. Dall, au nom de l'association américaine des sciences ; le second est l'œuvre de M. Douvillé, organe d'une commission de paléontologistes français très distingués, s'adressant au congrès de géologie à Bologne ; le troisième est de M. Chaper, au nom d'une commission de la société zoologique de France. Ces trois projets, surtout le premier, sont en grande partie semblables au recueil des lois et au rapport de M. de Candolle, lors du congrès botanique de Paris. Ils offrent deux tendances assez marquées : l'une, d'étendre à la zoologie les règles et usages employés en botanique ; l'autre, d'insister sur la loi de priorité, et de restreindre par conséquent le nombre des cas dans lesquels on doit ou peut changer un nom. M. de Candolle, dans ses *Nouvelles remarques*, appuie sur ce dernier principe et propose d'en étendre les applications. Il regarde comme des anachronismes les publications faites par M. St-Lager, dans lesquelles une multitude de changements de noms sont proposés, par des motifs littéraires ou autres.

Il s'est élevé des discussions, surtout en zoologie, pour savoir jusqu'à quel auteur on doit remonter en fait de noms d'espèces, genres ou autres. M. de Candolle estime qu'une catégorie de noms est vraiment constituée lorsque : 1° on lui a donné un nom tel que espèce, genre, etc.; 2° on a exprimé les caractères communs des éléments rapportés à l'un de ces groupes ; 3° on a indiqué la place du groupe dans la hiérarchie de la classification. Il est possible que les zoologistes aient quelquefois de la peine à constater la réunion de ces trois conditions, mais en botanique elles existent dès

1703, dans Ray, *Methodus*, pour les classes de Phanérogames.

1735, dans Linné, *Systema*, 1re éd., pour les grandes divisions du règne, telles que Cryptogamie.

1753, dans Linné, *Genera*, pour les genres.

1789, dans Ant. L. de Jussieu, *Genera*, pour les familles.

1810, dans R. Brown, *Prodr. N.-H.*, pour les sous-genres.

1818, dans A.-P. de Candolle, *Systema*, pour les cohortes et les tribus.

M. de Candolle critique la tendance qui reparaît souvent à notre époque, de mêler avec un nom des renseignements sur l'histoire d'une espèce. Avant Linné, on mélangeait le nom avec un exposé des caractères. Aujourd'hui, quelques personnes ajoutent au nom et à l'auteur du nom des parenthèses sur les noms antérieurs de l'espèce, et bientôt peut-être on sera disposé à intercaler des idées sur la phylogénie. Cependant le vrai principe est qu'un nom est simplement une désignation, ce qu'on exprime par le pléonasme : Un nom est un nom. Si l'on ajoute autre chose, on tombe dans le défaut d'exprimer plusieurs idées dans une phrase, complication qui nuit à la clarté.

En réponse à M. St-Lager, qui ne voudrait conserver aucun nom spécifique de la forme Digitalis *Sceptrum*, Indigofera *Anil*, etc., sous prétexte qu'ils ne sont pas des adjectifs ; M. de Candolle dit que ces noms sont pris dans un sens adjectif : Digitalis (olim) Sceptrum, Indigofera (vulgo) Anil, que d'ailleurs ils ont l'avantage de rappeler d'anciens noms ou des usages, ce qui soulage la mémoire. M. de Candolle repousse également l'idée de changer les noms faisant pléonasme, comme *Sagittaria sagittifolia*. Ces noms existent, et dire deux fois une vérité n'a aucun inconvénient.

Le recueil des lois recommandées par le congrès admet qu'on doit changer un nom générique tiré de deux langues différentes ou construit d'une manière défectueuse au point de vue du grec ou du latin. M. de Candolle propose maintenant de ne pas changer les noms entachés de ces deux défauts. On a eu tort de les faire, mais une fois qu'ils existent, l'introduction de nouveaux noms a plus d'inconvénient que leur maintien. L'auteur avait le droit de faire un nom arbitraire, même en tirant au sort les lettres ou les syllabes ; on peut considérer des noms mal faits comme rentrant dans cette catégorie. Dans les sciences et dans les usages ordinaires on conserve beaucoup de termes ou noms mal construits, tels que millimètre (latin et grec), bureaucratie (français et grec), etc., pourquoi ne ferait-on pas de même en histoire naturelle? Quand un nom a été introduit dans la

classification scientifique, il est devenu technique, avec l'orthographe qu'on lui a donnée. Ainsi on a beau objecter que le nom vulgaire du poirier chez les Latins s'écrivait *Pirus*, puisque Linné a publié sous la forme *Pyrus*, ce dernier est le nom scientifique. Les anciens n'avaient que des noms vulgaires, qui différaient d'une langue à l'autre, tandis que la nomenclature botanique est à la fois technique et universelle, ce qui rend sa fixité très désirable.

M. de Candolle a des vues nouvelles sur la manière de désigner les groupes minimes entre les variétés et les individus, qu'il appelle des *micromorphes*. Il combat l'idée d'avoir des règles spéciales pour la nomenclature des fossiles. Pour d'autres questions, il renvoie à sa prochaine publication.

M. le docteur Hippolyte Gosse traite de *l'État géographique du canton de Genève et de ses environs, de l'époque glaciaire à l'époque romaine.*

Les travaux de notre collègue M. Alph. Favre et ceux de MM. Falsan et Chantre permettent de déterminer la hauteur maxima à laquelle les glaciers se sont élevés. On voit ainsi que toute notre vallée était couverte par les glaciers, qu'à l'est l'arête dorsale du Salève émergeait à une hauteur de 1304 mètres et qu'il en était de même pour le Jura à une altitude de 1340 mètres environ.

Dans la période de réchauffement qui succéda, un grand lac recouvrait toute notre vallée.

L'étude de la terrasse d'alluvion qui se trouve entre le coteau de Monthoux et le Petit Salève, démontre qu'elle présente les caractères des anciennes terrasses sous-lacustres près de l'embouchure des affluents torrentiels. Le niveau du lac à ce moment était à la cote de 478. Le canton de Genève n'était représenté que par trois petites îles formées par les sommets des coteaux de Cologny, de Choully et de Bernex.

Le lac s'abaissa à la cote de 451 et l'on voit émerger comme une île le sommet du coteau de Saconnex. Il est probable que c'est à cette période que l'homme a habité les carrières de Veyrier avec le renne.

Avec l'abaissement progressif des eaux on voit le niveau du lac persister pendant un certain temps à la cote de 432, puis

atteindre les hauteurs de 426 et 424 mètres. A ce moment, l'île de Saconnex persiste seule, les autres îles sont devenues des presqu'îles. Un bras important de l'Arve passe dans la direction de Chêne et vient former les dépôts de sable et de gravier sur lesquels la ville de Genève s'élèvera plus tard.

Entre la côte de 424 mètres et celle de 380 on peut constater 5 niveaux différents pendant lesquels l'état géographique se rapproche de l'état actuel. A 400 mètres, par exemple, l'Arve se jette dans un grand golfe du lac de Genève recouvrant Plainpalais et Carouge.

Le niveau de 380 correspond à l'époque romaine, l'Arve à ce moment passait à la Cluse et venait se jeter dans le Rhône au pont de la Coulouvrenière.

L'étude comparative de ces niveaux avec l'état actuel semblerait montrer que l'abaissement du niveau de l'Arve est d'environ 40 centimètres par siècle. On pourra peut-être par ce moyen chercher à déterminer approximativement l'âge des terrasses d'alluvion dont il a été question.

M. Henri Dufour, de Lausanne, décrit l'installation des appareils employés à l'Académie de Lausanne pour étudier l'électricité atmosphérique. L'enregistrement des variations de l'état électrique de l'air se fait par les procédés semblables à ceux que M. Mascart emploie au Collège de France. Les cadrans de l'électromètre symétrique (système de M. Mascart) sont chargés au moyen de quelques éléments de Volta isolés, l'aiguille communique avec un collecteur à écoulement d'eau du système de sir W. Thomson; une lampe à pétrole enfermée dans une caisse en fer, munie d'une fente verticale, envoie un trait lumineux sur le miroir de l'électromètre; ce trait est réfléchi sur une boîte noire munie d'une fente horizontale, un cadre contenant le papier photographique descend en 24 heures dans la boîte, les déplacements du point lumineux tracent sur le papier un trait noir. Tout l'appareil est installé dans une chambre noire, située dans la partie supérieure du laboratoire de physique; l'écoulement de l'eau a lieu au-dessus du toit, qui n'est dominé par aucun bâtiment voisin. Chaque jour on contrôle les indications de l'électromètre en chargeant l'aiguille avec 30 éléments de Volta, identiques à ceux

employés pour charger les cadrans, et placés dans les mêmes conditions d'isolement.

Les premiers résultats obtenus avec cet appareil qui marche depuis le commencement de février, ne permettent pas encore d'établir des moyennes. Le fait le plus saillant est un minimum de nuit entre 2 h. et 4 h. du matin, suivi d'une hausse rapide du potentiel de l'air de 4 h. à 10 ou 11 h. du matin. Les chutes de pluie et surtout celles de neige se sont signalées par des variations considérables du potentiel de l'air, qui est tantôt positif, tantôt négatif; on a constaté directement pendant une chute de neige une variation du potentiel de l'air de 2000 volts environ en un temps très court.

M. Dufour espère pouvoir présenter dans quelques mois, à la Société, les premiers résultats de ses recherches.

M. le prof. Schiff montre des photographies d'un chien auquel on a enlevé la portion du cerveau que l'on considère comme le centre du mouvement, mais qui préside réellement à la sensibilité tactile. L'animal repose sur sa patte pliée, position que ne garderait pas un chien qui a conscience du contact de son corps. Un chien insensible peut garder ainsi des positions absolument insolites.

Séance du 19 avril.

M. le prof. Cellérier, président, se fait l'organe des regrets profonds causés au sein de la Société par la mort de l'un de ses plus anciens membres, François Marcet, survenue récemment à Londres.

M. Fol fait une communication préliminaire sur un travail qu'il vient de faire à la station zoologique de Naples. Il s'agissait d'étudier les anomalies de développement qui résultent de l'introduction de plusieurs zoospermes dans un même œuf. M. Fol a reconnu tout d'abord par de nouvelles observations sur les oursins et les étoiles de mer, que deux zoospermes peuvent pénétrer dans le même œuf sans qu'il se produise de ce fait un trouble de développement. Tandis que l'entrée de trois ou d'un plus grand nombre de zoospermes

entraîne généralement un développement anormal. M. Fol a repris ce sujet dans l'étude approfondie qu'il vient de faire à la station zoologique du docteur Dohrn et de laquelle il ne peut communiquer encore que les principaux résultats. Lorsque plus d'un zoosperme pénètre dans l'œuf, d'une étoile de mer, par exemple, il se peut que ces zoospermes se fondent ensemble dans le noyau femelle; le développement ultérieur s'accomplit alors normalement. Si, au contraire, à côté du zoosperme uni au noyau femelle, il s'en trouve pénétrer dans l'œuf un autre qui ne se fusionne pas avec lui dans ce noyau, cet autre se comporte comme un vrai noyau conjugué et se transforme aussi, quoique plus lentement, en amphiaster. Il en résulte alors deux centres de formation d'embryon dans un même œuf et ces embryons, se séparant incomplètement l'un de l'autre, pourront former un monstre double. M. Fol avait observé déjà précédemment cette multiplication des amphiasters dans un même œuf, mais il l'a maintenant bien et dûment constatée. Chez les mammifères, l'introduction d'un seul zoosperme semble être la règle. Chez les oursins et les étoiles de mer, il en est certainement ainsi lorsque toutes les conditions sont normales. En revanche dans certains états pathologiques, tel que celui qui résulte d'une asphyxie partielle, il peut entrer plusieurs zoospermes par œuf.

M. Fol donne ensuite quelques renseignements sur la station zoologique du Dr Dohrn à Naples.

M. Humbert rend compte d'un récent article de l'*American Journal of science*, sur l'évolution du trotteur américain.

Séance du 10 mai.

M. Charles Soret montre à la Société un nouveau modèle d'héliostat construit par M. Fuss, à Berlin, qui a l'avantage d'être muni d'un grand miroir, d'être d'un maniement commode et de présenter une marche très régulière.

M. le prof. Alph. de Candolle signale, d'après le *Journal of the Linnean Society*, de février 1883, l'observation suivante de M. Armit, sur les propriétés du Grewia polygama, Rox-

burgh, arbuste bien connu des botanistes, mais auquel on n'attribuait aucune valeur médicale.

L'auteur commandait un détachement qui explorait le nord-ouest du Queensland, en Australie. C'était pendant la saison humide et ses hommes souffraient beaucoup d'avoir traversé plusieurs rivières, couché sur l'herbe humide et mangé une déplorable nourriture. Ils prirent la fièvre et la dysenterie, dont plusieurs furent victimes. Le caporal conseilla d'administrer une herbe, qu'on trouva ensuite être les feuilles du Grewia polygama, commun dans les régions tropicales de l'Australie et jusqu'au nord de l'Inde. « Je donnai, dit M. A., à mes malades à peu près une once d'une décoction des feuilles, dont la couleur était celle du vin de sherry pâle. Je répétai la dose de quatre en quatre heures pendant la nuit, et la sixième dose acheva une guérison complète. Depuis j'ai employé ce remède dans un grand nombre de cas. Je ne l'ai jamais trouvé en défaut, quelle que fût la gravité de l'affection. Je me suis fait un devoir d'indiquer à des charretiers et des voyageurs cette plante qu'ils rencontrent partout et ils sont unanimes à vanter ses propriétés merveilleuses. L'importance d'un remède contre une maladie aussi insidieuse, à laquelle les Européens sont très sujets dans les pays tropicaux, ne saurait trop être signalée. Il serait intéressant de l'essayer en extrait, teinture, poudre et décoction. L'espèce est si abondante qu'on pourrait en avoir autant qu'on voudrait pour continuer des expériences. »

Ajoutons ici que ni Roxburgh, dans sa Flore de l'Inde, ni la *Materia indica* d'Ainslies, ni l'ouvrage très complet de Fluckiger, ne mentionnent le Grewia polygama comme officinal. Le genre Grewia et les Tiliacées, en général, n'ont guère de propriétés connues, à moins qu'on ne veuille compter l'infusion de tilleul comme un remède. L'analogie des Tiliacées et des Malvacées peut faire soupçonner, dans les feuilles de Grewia, une qualité purement sédative, qui conviendrait pour la dysenterie.

M. Alph. de Candolle communique ensuite une lettre de M. le Dr R.-A. Philippi, de San Juan, sur les plantes européennes qui se répandent de plus en plus au Chili. Ce sont en particulier les suivantes :

Euphorbia Peplus, introduite d'abord dans les jardins et qui existe à présent dans les Cordillères, comme plante sauvage.

Cirsium lanceolatum, introduit comme fourrage, il y a 50 ans, par un Anglais, et qui est aujourd'hui dans les montagnes de Chillan et abondamment entre Santiago et Concepcion.

Rubus fruticosus? Une variété à fruits mangeables, introduite vers 1854, a plu tellement aux oiseaux qu'ils la répandent partout. Chez M. Philippi elle devient une ronce « terrible, » dont il ne sait comment se débarasser. Elle émet des pousses qui ont jusqu'à trois mètres.

Hypochœris radicata. Autre fléau importé, que M. Ph. a vu pour la première fois il y a trois ans, et qui couvre maintenant d'immenses espaces et étouffe les autres plantes.

Rumex Acetosella. Nuisible aux champs de blé.

Prunella vulgaris. Rare chez M. Ph. en 1853, elle abonde aujourd'hui dans la province.

Pastinaca sativa, *Daucus Carota*, *Trifolium repens*, *Veronica serpyllifolia*, *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata*, *Holcus lanatus*, *Crepis virens*, *Linaria vulgaris*, *Verbascum virgatum*, sont aussi devenus des plantes sauvages communes, tandis que d'autres espèces, en apparence aussi robustes (*Achillea Millefolium*, *Leucanthemum vulgare*, etc.), n'ont fait que paraître et disparaître.

M. Humbert annonce, d'après le *Times*, que les officiers du Coast and geographical Surwey, des États-Unis, viennent de faire le plus grand sondage connu jusqu'ici dans l'Atlantique. Ils ont trouvé 4561 brasses, soit 8341^m de profondeur, à 75 milles au nord de Saint-Jean de Porto Rico, près du plus profond sondage du Challenger, lequel n'avait atteint que 3862 brasses.

M. H. de Saussure expose quelques-uns des faits les plus curieux que M. Mac Cook, pasteur à Philadelphie, a mis en lumière dans ses longues et patientes études sur les mœurs des fourmis américaines, principalement celles des fourmis à miel.

Édouard Sarasin,
Secrétaire des séances.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1883

Le 1er, brouillard de 8 à 10 h. du matin.
4, forte rosée le matin.
5, id. ; assez forte bise l'après-midi.
6, forte rosée et brouillard le matin; forte bise l'après-midi.
7, très forte bise tout le jour.
8, forte bise toute la journée.
9, forte bise l'après-midi.
10, assez forte bise dans la journée.
11, très forte bise depuis 8 h. du matin.
12, forte bise tout le jour.
14, gelée blanche le matin.
15, faible gelée blanche le matin.
16, gelée blanche le matin.
17, rosée et brouillard le matin.
19, halo solaire avec parhélies le matin; parhélie du sud très brillant, celui du nord faible; arc reliant les deux parhélies d'une longueur d'environ 60°. Arc et parhélie du sud irisés; parhélie nord blanchâtre.
24, neige dans la nuit; hauteur 28mm; assez fort vent l'après-midi.
25, forte gelée blanche le matin; assez fort vent dans la journée.
26, à 1 h. du matin halo lunaire double, l'intérieur très brillant, l'extérieur faible; gelée blanche le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 4 à 8 h. matin	732,47
8 à 10 h. matin	730,24
17 à 8 h. matin	729,37
20 à 8 h. soir	726,13
26 à 8 h. matin	724,36
30 à 8 h. matin	721,13

MINIMUM.	mm
Le 1er à 6 h. matin	728,21
7 à 4 h. soir	729,03
13 à 10 h. soir	718,97
19 à 4 h. soir	718,93
24 à 6 h. matin	714,60
28 à 4 h. soir	708,96

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm
1	728,86	+ 4,33	+ 8,65	+ 1,82	+ 6,0	+13,0	6,98	+1,81	860	+142	620	1000	...	...	N. 1	0,94	+ ...	.....	123,0
2	730,07	+ 5,55	+ 8,71	+ 1,74	+ 7,1	+13,0	7,16	+1,95	876	+160	660	1000	3,3	1	N. 1	0,89	7,6	+ 0,3	121,0
3	730,73	+ 6,22	+11,45	+ 4,35	+ 7,1	+16,5	7,01	+1,76	732	+ 18	480	990	...	...	N. 1	0,24	7,7	+ 0,3	120,6
4	731,49	+ 6,99	+10,46	+ 3,22	+ 4,2	+16,4	6,17	+0,88	683	— 30	380	930	...	...	NNE. 1	0,09	8,3	+ 0,8	121,0
5	730,89	+ 6,40	+11,13	+ 3,75	+ 4,1	+18,1	5,72	+0,39	618	— 93	330	890	...	...	NNE. 1	0,00	9,1	+ 1,5	122,8
6	730,36	+ 5,87	+10,97	+ 3,46	+ 4,2	+18,0	5,63	+0,26	609	—101	310	910	...	...	NNE. 2	0,26	9,5	+ 1,8	123,0
7	730,07	+ 5,59	+ 6,16	— 1,49	+ 3,8	+11,1	3,88	—1,54	593	—115	400	740	...	...	NNE. 4	0,05	9,4	+ 1,7	130,5
8	729,67	+ 5,19	+ 4,38	— 3,41	+ 1,0	+ 8,5	3,78	—1,69	629	— 78	500	680	...	...	NNE. 2	0,10	...	.....	129,0
9	729,21	+ 4,73	+ 4,34	— 3,59	+ 0,9	+ 7,7	4,20	—1,31	697	— 9	560	760	...	...	NNE. 2	0,77	9,2	+ 1,3	125,2
10	727,29	+ 2,80	+ 6,93	— 1,14	+ 4,0	+11,1	4,22	—1,34	604	—100	400	710	...	...	NNE. 1	0,47	8,0	0,0	128,2
11	726,45	+ 1,96	+ 4,74	— 3,47	+ 0,9	+ 7,7	3,77	—1,84	616	— 87	470	750	...	...	NNE. 3	0,27	7,8	— 0,3	131,0
12	723,47	— 1,03	+ 6,27	— 2,08	+ 3,2	+10,2	3,64	—2,02	560	—142	330	750	...	...	NNE. 2	0,41	7,4	— 0,8	126,0
13	721,05	— 3,46	+ 5,28	— 3,21	+ 1,1	+ 9,9	4,34	—1,37	671	— 30	520	800	...	...	N. 1	0,27	7,7	— 0.6	125,5
14	719,50	— 5,02	+ 6,74	— 1,89	+ 0,0	+11,9	4,38	—1,39	621	— 79	370	880	...	...	N. 1	0,37	7,9	— 0,5	125,7
15	724,88	+ 0,35	+ 8,49	— 0,28	+ 2,4	+13,2	3,99	—1,83	526	—174	280	830	...	...	N. 1	0,19	...	.....	124,0
16	728,44	+ 3,89	+10,13	+ 1,22	+ 0,9	+17,3	4,61	—1,26	529	—170	280	800	...	...	variable	0,34	9,3	+ 0,7	124.8
17	727,98	+ 3,42	+10,10	+ 1,05	+ 3,1	+16,9	5,44	—0,49	620	— 78	370	870	...	...	N. 1	0,16	9,6	+ 0,9	123,3
18	723,82	— 0,76	+12,11	+ 2,92	+ 6,0	+19,7	5,98	—0.01	600	— 97	400	820	...	...	variable	0,78	9,8	+ 1,0	125,5
19	719,97	— 4,63	+12,76	+ 3,42	+ 8,3	+19,7	6,40	+0,35	616	— 81	390	760	1,0	3	variable	0,91	9,8	+ 1.0	125,0
20	724,32	— 0,30	+ 9,66	+ 0,18	+ 8,9	+13,0	7,44	+1,33	858	+162	750	900	2,5	6	SSO. 1	1,00	9,9	+ 0,9	127,2
21	724,77	+ 0,13	+ 8,40	— 1,22	+ 7,1	+13,3	6,92	+0,75	872	+176	620	940	2,9	7	variable	0,90	9,3	+ 0,3	129,2
22	721,93	— 2,74	+ 6,06	— 3,70	+ 2,8	+11,0	4,49	—1,74	685	— 10	430	890	0,2	1	N. 1	0,83	...	.....	131,0
23	717,43	— 7,26	+ 5,76	— 4,15	+ 2,0	+ 9,8	4,64	—1,65	708	+ 13	420	910	7,5	5	NE. 1	0,87	8,8	— 0,5	130,3
24	715,77	— 8,95	+ 3,42	— 6,63	+ 0,1	+10,9	4,76	—1,59	835	+140	590	1000	18,2	12	SSO. 1	0,78	8,4	— 1,0	129,5
25	722,38	— 2,37	+ 5,41	— 4,79	— 0,7	+10,2	4,25	—2,16	660	— 35	460	940	...	...	SO. 1	0,47	8,5	— 1,0	131,7
26	723,12	— 1,66	+ 7,92	— 2,42	+ 0,6	+13.9	4,90	—1,58	631	— 63	440	900	...	...	N. 1	0,58	8,8	— 0,8	130,2
27	717,81	— 7,00	+ 9,98	— 0,50	+ 4,4	+14,6	6,22	—0,32	706	+ 12	450	910	...	...	variable	0,88	9,0	— 0,7	133,0
28	710,73	—14,11	+13,02	+ 2,39	+ 7,8	+18,8	8,33	+1,72	758	+ 64	580	920	1,5	2	SSO. 1	0,92	9,4	— 0,4	130,5
29	715,74	— 9,14	+10,45	— 0.32	+ 9,9	+13,6	7,43	+0,75	822	+128	640	1000	4,1	10	SSO. 1	0,98	...	.....	133,0
30	719,66	— 5,25	+ 9,85	— 1,07	+ 6,1	+14,9	6,20	—0,54	721	+ 27	440	840	0,9	1	variable	0,57	8,0	— 2,0	134,5

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,17	730,45	730,40	729,91	729,40	729,06	729,41	729,98	730,09
2e »	724,48	724,59	724,46	723,93	723,53	723,22	723,46	723,91	723,96
3e »	719,37	719,43	719,36	718,88	718,49	718,35	718,43	718,83	718,96
Mois	724,67	724,82	724,74	724,24	723,80	723,54	723,76	724,24	724,34
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,93	+ 6,99	+ 8,82	+10,72	+12,08	+11,78	+10,55	+ 9,06	+ 7,53
2e »	+ 4,22	+ 7,23	+ 9,29	+11,32	+12,35	+12,68	+11,42	+ 9,78	+ 8,23
3e »	+ 5,12	+ 7,13	+ 8,75	+10,64	+11,50	+11,16	+10,03	+ 8,47	+ 6,81
Mois	+ 4,76	+ 7,12	+ 8,96	+10,89	+11,98	+11,87	+10,67	+ 9,10	+ 7,52
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,53	5,80	5,45	5,47	5,18	5,30	5,65	5,63	5,70
2e »	5,07	5,31	5,04	4,68	4,64	4,75	5,04	5,50	5,39
3e »	5,78	5,91	5,92	5,57	5,63	5,63	5,99	6,12	6,22
Mois	5,46	5,67	5,47	5,24	5,15	5,23	5,56	5,75	5,77
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	838	758	637	561	496	525	594	640	721
2e »	805	688	569	469	435	435	497	602	654
3e »	867	770	691	572	549	563	649	728	828
Mois	837	739	632	534	493	508	580	657	734

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 4,24	+ 13,34	0,38	+ 8,60	3,3	124,43
2e »	+ 3,48	+ 13,95	0,47	+ 8,80	3,5	125,80
3e »	+ 4,01	+ 13,10	0,78	+ 8,78	35,3	131,29
Mois	+ 3,91	+ 13,46	0,54	+ 8,73	42,1	127,17

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,43 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 8°,7 E. et son intensité est égale à 62,4 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1883

Le 1er, légère neige le matin, brouillard le matin.
2, brouillard tout le jour.
3, brouillard le matin.
6, brouillard par une assez forte bise l'après-midi.
7, assez forte bise le matin.
9, brouillard le matin.
10, forte bise tout le jour; brouillard depuis 8 h. du matin.
11, forte bise tout le jour; brouillard le matin et le soir.
12, forte bise le matin; id.
13, neige dans la nuit; assez forte bise le matin.
14, brouillard le soir.
15, brouillard le matin.
18, brouillard par un fort vent pendant toute la journée.
19, fort vent le matin; brouillard jusqu'à 2 h. du soir; neige l'après-midi.
20, brouillard par une forte bise l'après-midi.
21, forte bise tout le jour; brouillard le matin et l'après-midi.
22, forte bise tout le jour; brouillard le matin, neige l'après-midi.
23, très fort vent depuis 8 h. du soir.
24, fort vent le matin; neige et brouillard dans la journée.
25, brouillard le matin.
26, neige le soir.
27, brouillard jusqu'à 6 h. du soir; neige le soir.
28. id. ; fort vent depuis midi.
29, brouillard depuis 8 h. du matin; forte bise depuis 4 h. du soir.
30, forte bise le matin; brouillard dans la journée.

REMARQUE. La quantité d'eau tombée au Grand Saint-Bernard est près de 3 fois plus faible que celle indiquée par la normale, 120mm. A Genève cette anomalie est beaucoup moins prononcée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 6 h. matin	563,46
Le 3 à 6 h. soir	567,83		
		8 à 6 h. matin	561,83
8 à 10 h. soir	564,30		
		10 à 10 h. soir	558,36
11 à 6 h soir	560,22		
		14 à 6 h. matin	554,78
16 à 10 h. soir	565,15		
		20 à 6 h. matin	559,30
20 à 8 h. soir	561,46		
		24 à 10 h. matin	552,68
26 à 8 h. soir	561,14		
		29 à 6 h. matin	552,48
30 à 8 h. matin	557,47		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum des 9 observat.	Maximum des 9 observat.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	564,76	+ 4,41	563,46	566,05	— 1,23	+ 4,25	— 4,2	+ 2,1	.....	.....	....	NE.	1	0,44
2	565,96	+ 5,56	565,83	566,23	— 3,05	+ 2,31	— 6,3	+ 0,2	.....	.....	....	NE.	1	0,83
3	566,98	+ 6,52	565,61	567,83	— 1,64	+ 3,60	— 4,0	+ 1,2	.....	.....	....	NE.	1	0,36
4	567,40	+ 6,88	567,24	567,54	— 2,79	+ 2,33	— 5,3	— 0,2	.....	.....	....	NE.	1	0,27
5	567,34	+ 6,76	566,72	567,91	— 0,81	+ 4,18	— 4,9	+ 1,6	.....	.....	....	NE.	1	0,04
6	566,63	+ 5,99	566,55	566,94	— 1,31	+ 3,55	— 2,8	+ 1,5	.....	.....	....	NE.	1	0,46
7	562,83	+ 2,12	562,62	563,23	— 7,33	— 2,59	— 8,4	— 4,7	.....	.....	....	NE.	1	0,20
8	563,33	+ 2,55	561,83	564,30	— 6,50	— 1,89	— 9,3	— 2,2	.....	.....	....	NE.	1	0,41
9	562,37	+ 1,52	562,24	562,67	— 7,36	— 2,88	— 9,9	— 4,4	.....	.....	....	SO.	1	0,43
10	559,46	— 1,46	558,36	560,33	— 8,52	— 4,17	—11,5	— 6,0	.....	.....	....	NE.	2	0,76
11	558,85	— 2,14	556,74	560 22	—10,63	— 6,41	—13,2	— 7,8	.....	.....	....	NE.	2	0,72
12	556,86	— 4,20	556,32	557,54	— 9,26	— 5,17	—11,6	— 6,9	.....	.....	....	NE.	1	0,82
13	556,21	— 4,93	555,67	556,65	— 6,68	— 2,72	— 9,3	— 3,4	90	3,0	....	NE.	1	0,26
14	555,84	— 5,38	554,78	557,34	— 6,45	— 2,62	—10,0	— 2,4	.....	.....	....	NE.	1	0,69
15	560,42	— 0,88	558,34	562,73	— 6,50	— 2,81	— 9,5	— 1,8	.....	.....	....	NE.	1	0,61
16	564,25	+ 2,87	562,88	565,15	— 4,01	— 0,46	— 7,8	— 1,0	.....	.....	....	NE.	1	0,08
17	564,64	+ 3,18	564,25	565,02	— 1,49	+ 1,92	— 6,3	+ 2,8	.....	.....	....	variable		0,37
18	562,96	+ 1,42	562,13	564,03	— 3,49	— 0,22	— 4,0	— 2,0	.....	.....	....	SO.	2	0 98
19	560,42	— 1,20	560,03	561,32	— 4,15	— 1,02	— 4,7	— 3,1	50	1,9	....	SO.	1	0,92
20	560,35	— 1,36	559.30	561,46	— 3,16	— 0,17	— 4,6	— 0,9	.....	.....	....	NE.	2	0,94
21	559,79	— 2,01	559,34	560,34	— 4,01	— 1,16	— 5,0	— 1,5	.....	.....	....	NE.	2	0,96
22	556,07	— 5,82	555,31	557,25	— 7,19	— 4,48	— 8,4	— 3,4	160	13,8	....	NE.	2	0,97
23	553,57	— 8,41	553,03	554,15	— 8,13	— 5,56	—10,8	— 5,3	.....	.....	....	variable		0,83
24	553,08	— 8,99	552,68	553,89	— 7,40	— 4,97	— 8,2	— 5,5	90	7,8	....	SO.	2	0,93
25	556,99	— 5,17	554,03	559,34	— 8,26	— 5,97	—10,8	— 3,5	.....	.....	....	NE.	1	0,27
26	560,66	— 1,59	559,59	561,14	— 4,96	— 2,82	—10,0	— 0,1	50	2,0	....	SO.	1	0,67
27	559,19	— 3,15	558,59	559,70	— 3,38	— 1,39	— 5,4	0,0	120	9,0	....	SO.	1	1,00
28	554,72	— 7,71	553,33	556,75	— 3,19	— 1,34	— 3,2	— 1,9	70	4,7	....	SO.	2	1,00
29	554,33	— 8,19	552,48	556,53	— 3,11	— 1,40	— 5,2	— 0,8	.....	.....	....	NE.	1	0,94
30	556,84	— 5,78	556,52	557,47	— 3,20	— 1,63	— 5,0	— 0,4	.....	.....	....	NE.	1	0,55

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1883.

Baromètre.

	6h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	564,38	564,53	564,70	564,82	564,80	564,80	564,90	564,95	564,92
2e »	559,60	559,75	560,05	560,14	560,15	560,18	560,31	560,47	560,52
3e »	556,33	556,45	556,50	556,54	556,56	556,57	556,61	556,77	556,84
Mois	560,10	560,25	560,42	560,50	560,50	560,52	560,61	560,73	560,76

Température.

	6h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 6,31	— 4,08	— 2,59	— 2,23	— 1,79	— 1,64	— 2,53	— 4,53	— 5,21
2e »	— 8,10	— 5,91	— 4,74	— 3,49	— 2,83	— 3,23	— 4,54	— 5,79	— 6,03
3e »	— 6,92	— 5,73	— 4,64	— 3,13	— 2,71	— 3,28	— 4,36	— 5,48	— 5,71
Mois	— 7,11	— 5,24	— 3,99	— 2,95	— 2,44	— 2,72	— 3,81	— 5,27	— 5,65

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 6,66	— 1,09	0,42	—	—
2e »	— 8,10	— 2,65	0,64	4,9	140
3e »	— 7,20	— 2,24	0,81	37,3	490
Mois	— 7,32	— 1,99	0,62	42,2	630

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,61 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 60,4 sur 100.

RECHERCHES

SUR

L'ABSORPTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS

PAR DIVERSES SUBSTANCES

Par M. J.-L. SORET

(QUATRIÈME MÉMOIRE[1])

En poursuivant mes recherches sur l'absorption des rayons ultra-violets, j'ai fait usage d'appareils que je me propose de décrire dans le présent mémoire.

Je donnerai ensuite les résultats de quelques séries d'observations, dont l'exposé fera comprendre le parti que l'on peut tirer de ces instruments.

Porte-étincelle revolver.

Lorsqu'on emploie comme source de lumière l'étincelle d'induction produite entre deux électrodes métalliques, il arrive souvent que l'on désire changer la nature de ces électrodes et passer du spectre d'un métal à celui d'un autre métal. Pour que ce changement puisse s'effectuer rapidement, et au besoin sans interrompre le courant, j'ai

[1] Pour les précédents mémoires, voyez *Archives*, 1878, t. LXI, p. 322; t. LXIII, p. 89, et 1880, t. IV, p. 261.

fait disposer un petit appareil que je vais décrire et que j'appellerai *porte-étincelle revolver*.

Le principe consiste à faire jaillir les étincelles entre les circonférences de deux roues, dont l'axe et la partie centrale est en laiton, tandis que la circonférence est formée d'arcs de divers métaux, cadmium, zinc, fer, etc. Ces roues étant convenablement écartées et tournées de façon que les arcs de cadmium de chacune d'elles soient en face l'un de l'autre, l'étincelle passant par le chemin le plus court donnera le spectre du cadmium; si on les tourne autrement, on aura le spectre d'un autre métal; ou bien, en mettant l'arc de cadmium de l'une des roues en face de l'arc de zinc de l'autre, on aura la lumière mixte du cadmium et du zinc, etc.

Il convient de placer les deux roues à angle droit l'une par rapport à l'autre, l'axe de chacune d'elles étant dans le plan de la circonférence de l'autre. On donne ainsi plus de stabilité au point lumineux; si les axes étaient parallèles, la moindre usure de l'un des arcs métalliques produirait un déplacement notable des étincelles.

L'appareil est représenté en plan et en élévation dans les figures 1 et 2, Pl. XI.

Les deux roues sont fixées sur une monture en ébonite, formée d'une plaque carrée *a b c d*, que nous supposerons horizontale, à laquelle est reliée une plaque verticale *e f g h*.

La roue métallique horizontale *i k* (fig. 2) peut tourner autour d'un axe vertical fixe *l m*; on la manie au moyen de la tête ou disque en ébonite *n o*. L'axe *l m*, et par conséquent la roue *i k*, est en contact métallique avec la vis de pression *p* à laquelle aboutit l'une des extrémités du fil de l'appareil de Ruhmkorff. La roue porte sur son plat l'indication du métal placé à la circonférence sur

le secteur correspondant; il y a ainsi sept métaux désignés par leur symbole chimique Al, Cd, Zn, Fe, Bi, Sb, Mg (fig. 1).

La seconde roue *q r* tourne autour de l'axe horizontal *s t*; on la manie au moyen de la tête en ébonite *u v*. La roue est divisée à sa circonférence en sept segments formés des mêmes métaux que l'autre roue. L'axe *s t* n'est pas fixe et peut se déplacer parallèlement à lui-même ; à cet effet il est porté par un chariot commandé par la vis dont on voit la tête d'ébonite en *w*. On peut ainsi rapprocher ou écarter les deux roues l'une de l'autre et faire varier la distance explosive.

L'axe de la roue *q r* communique avec la seconde extrémité de l'appareil d'induction par l'intermédiaire de la vis *x* et du ressort *y s* qui appuie sur la tête de l'axe *t s*, en permettant le déplacement de ce dernier.

Dans la description qui précède, nous avons supposé l'appareil reposant à plat sur la plaque d'ébonite *a b c d*; c'est en effet la position qui lui a été habituellement donnée dans les expériences que nous relaterons plus loin. Mais il peut être placé autrement; en particulier il peut être ajusté à un support du banc d'optique au moyen d'une douille non représentée dans les figures.

Les arcs métalliques s'usent plus ou moins rapidement suivant la force des étincelles, la nature des métaux et la durée du fonctionnement de l'appareil. Il faut donc, au bout de quelque temps, faire renouveler ces arcs métalliques, et il est bon d'avoir une paire de roues de rechange pour ne pas être interrompu pendant la réparation. Mais on peut faire durer très longtemps les mêmes roues sans changement, si l'on a soin de les faire fonctionner méthodiquement en commençant à mettre en regard deux points

voisins de l'une des extrémités de chacun des arcs et en avançant progressivement vers l'autre extrémité à mesure que l'usure se produit.

Appareil destiné à faire varier l'épaisseur de la couche liquide absorbante (Colorimètre).

Dans la plupart des observations d'absorption de rayons ultra-violets, relatées dans les précédents mémoires, on a opéré en plaçant les liquides dans une auge ou un tube fermé par des lames de quartz. Avec ce procédé, l'épaisseur de la couche liquide est donc constante ou tout au moins faut-il changer d'auge ou de tube chaque fois qu'on veut la modifier. Dans bien des cas, il est vrai, on peut faire varier la quantité de matière absorbante, en faisant varier la concentration des dissolutions. Mais ce sont là des moyens limités, exigeant une grande perte de temps et entraînant des manipulations délicates lorsque l'on veut conserver la pureté absolue des corps que l'on étudie.

On a bien plus de ressources et de facilités en employant un appareil permettant de modifier à chaque instant l'épaisseur de la couche liquide et de la mesurer en même temps, en un mot un appareil analogue aux colorimètres dont on se sert dans l'étude de l'absorption des rayons visibles. — En particulier, on peut alors déterminer l'épaisseur sous laquelle cesse d'être perceptible telle ou telle raie du métal que l'on emploie comme source de lumière, et obtenir ainsi la courbe de l'absorption pour les rayons de différente réfrangibilité.

Je vais décrire l'appareil que j'ai fait construire dans ce but et qui est représenté dans la planche XI ; on en

voit la coupe verticale schématique dans la figure 3, et la coupe détaillée ainsi que la disposition générale de l'ensemble dans la figure 4.

Les étincelles d'induction jaillissent en E (fig. 3). Le porte-étincelle décrit plus haut et qui sert à les produire, n'est pas représenté dans la figure. Une lentille de quartz L, à court foyer, concentre la lumière en un faisceau vertical. Le liquide est placé au-dessus, dans un vase en verre V V, évasé à sa partie supérieure, fermé à sa base par une lame de quartz *n n* et soutenu par un support convenable. Dans ce vase V V plonge un tube de verre *t t t' t'*, dont les deux extrémités sont fermées par des lames de quartz; il est porté par un bras horizontal *d d*, commandé lui-même par une crémaillère C C et un pignon D. L'épaisseur du liquide traversée par le faisceau lumineux vertical, et limitée par les lames de quartz *n n* et *t t*, peut donc être modifiée à volonté en enlevant ou abaissant le plongeur *t t t' t'*. — Le spectroscope placé verticalement au-dessus de ce colorimètre, permet d'analyser les radiations transmises.

Revenons maintenant avec plus de détails sur cette description, en nous reportant à la figure 4.

Tout l'ensemble de l'appareil est disposé sur un grand support en fer reposant sur la table d'expériences par une plaque épaisse HH. Une colonne verticale BB, munie d'un bras horizontal, fixé par la vis A, porte le spectroscope dont le collimateur vertical est serré par six vis de pression *s s s s*. Je crois inutile de parler plus longuement de la construction du spectroscope; je me borne à dire que les lentilles et le prisme P sont en quartz, que la fente F doit être un peu large et invariable, que l'oculaire fluorescent O est habituellement muni d'une lame d'escu-

line, enfin que la mise au point, variable suivant la réfrangibilité des rayons, se fait par une crémaillère commandée par le pignon M [1].

La lame de quartz *n n* qui ferme le vase VV, est ajustée, sans aucun mastic, par simple pression, sur le bord soigneusement rodé de ce vase; à cet effet, une pièce cylindrique en laiton *b b*, mastiquée extérieurement à la partie inférieure du vase, porte un pas de vis sur lequel s'adapte un anneau de laiton *a a* qui serre la lame de quartz avec interposition d'une rondelle annulaire de plomb.

Le vase V V, ainsi fermé, est placé dans l'entaille d'un trépied solide, percé d'un trou circulaire central pour le passage du faisceau lumineux. Trois vis calantes *r r*, sur lesquelles s'appuie l'anneau *a a*, permettent d'ajuster l'appareil de manière que la lame de quartz *n n* soit parfaitement parallèle à la lame *t t* qui ferme le plongeur $t\,t\,t'\,t'$.

Le trépied porte une colonne verticale à crémaillère CC, sur laquelle, par l'intermédiaire du pignon D, se meut à frottement doux mais juste, une pièce qui porte elle-même à sa partie supérieure un bras horizontal terminé par la douille *d*. Cette douille est à charnière et doublée de drap; elle saisit le plongeur $t\,t\,t'\,t'$ par son extrémité supérieure. Elle doit être construite avec soin, de manière que le tube $t\,t\,t'\,t'$ reprenne toujours la même direction lorsqu'on le remet en place après l'avoir enlevé pour le

[1] J'ai récemment remplacé les lentilles de quartz du spectroscope par des lentilles achromatiques quartz et spath fluor, suivant la méthode proposée par M. Cornu. La mise au point est la même pour toutes les raies du spectre, ce qui facilite beaucoup l'observation. La plus grande partie des mesures rapportées dans ce mémoire, ont été faites antérieurement à cette modification.

nettoyer; quand cette condition est remplie on n'a pas à retoucher aux vis *r r* pour ramener le parallélisme des lames de quartz *n n* et *t t*, ce qui perdrait beaucoup de temps.

La colonne C C porte une division millimétrique, et la pièce mobile qui soutient le plongeur *t t t' t'* est munie d'un trait de repère se mouvant sur cette échelle. Il est donc facile de mesurer à $^1/_{10}$ ou $^1/_{20}$ de millimètre l'épaisseur de la couche liquide, ou, ce qui revient au même, l'écartement des deux lames de quartz *n n* et *t t*. Il suffit de lire à quelle division de l'échelle affleure le trait de repère, puis d'en retrancher le chiffre, constant pour une série d'observations auquel correspond ce trait de repère lorsqu'en descendant le plongenr *t t t' t'* on amène au contact les lames *t t* et *n n*.

Le trépied qui supporte le colorimètre repose par trois vis calantes, dont l'une est reçue par une petite cavité conique, et une autre par une rainure creusée dans la base H H du support général, disposition qui permet d'amener rapidement le colorimètre dans la position convenable une fois qu'il a été ajusté une première fois. Cette position est déterminée parce que l'axe du tube *t t t' t'* doit être vertical et coïncider avec l'axe du collimateur du spectroscope.

Le tube *t t t' t'* est rodé soigneusement à ses deux extrémités suivant des plans perpendiculaires à son axe. Les lames de quartz *t t* et *t' t'* peuvent être simplement collées l'une avec un mastic résineux, l'autre avec de la colle de poisson. Quand on doit opérer sur une dissolution aqueuse, on met en bas la plaque fixée au mastic résineux; si la dissolution est alcoolique, on retourne le tube de manière que ce soit la lame ajustée à la colle qui plonge dans le liquide.

Le masticage de ces lames de quartz est très délicat : il faut qu'elles restent absolument propres. De plus, il est à remarquer que le mastic résineux étant appliqué à chaud, émet des vapeurs qui, si elles sont emprisonnées dans l'intérieur du tube, interceptent à un certain degré les rayons d'une haute réfrangibilité. Il est donc essentiel de s'assurer que ce tube laisse librement passer les rayons extrêmes (raies 27 à 29 du zinc).

La difficulté de ce masticage est si grande que j'ai fini par renoncer à l'emploi d'un seul plongeur pouvant se renverser suivant que l'on opère avec des dissolutions aqueuses ou alcooliques. J'ai fait disposer deux plongeurs dans lesquels la lame inférieure seule est collée au mastic pour l'un, à la colle de poisson pour l'autre. La lame de quartz supérieure, dont la seule utilité est d'empêcher la poussière de tomber dans l'intérieur du tube, n'a pas besoin de fermer d'une manière absolument hermétique; elle est ajustée à l'aide d'une monture, et il est facile de chasser les vapeurs du mastic avant de la mettre en place.

La lentille de quartz à court foyer L, destinée à concentrer en un faisceau vertical la lumière produite par les étincelles d'induction jaillissant en E, est portée par une monture mobile commandée par une crémaillère *g g* et par le pignon G. On la place dans la position qui donne le maximum de lumière pour la partie extrême du spectre. Dans certains cas cependant, lorsqu'on opère sur des liquides qui absorbent complètement ces rayons extrêmes, il peut y avoir avantage à placer la lentille à la hauteur qui amène le maximum d'intensité pour une partie moins réfrangible du spectre.

Le maniement de l'appareil est très simple. Avant de commencer une série d'observations sur un liquide donné,

on nettoye la lentille L que le voisinage des étincelles a pu ternir dans une expérience précédente. Puis le vase V V ainsi que le plongeur $t\,t\,t'\,t'$ étant enlevés, on fait fonctionner l'appareil d'induction et l'on s'assure, en observant le spectre, que la lumière est bonne ; au besoin, on rectifie la position de la source de lumière E. Cela fait, on met en place le vase V V et le plongeur $t\,t'$, après les avoir soigneusement nettoyés. On descend le plongeur jusqu'au contact des deux lames de quartz, on s'assure que dans cette position le vase V V ne peut pas du tout ballotter, ce qui serait le cas si le tube $t\,t'$ n'était pas bien placé, ou si quelque corpuscule solide s'était introduit entre les deux lames de quartz. On serre la douille *d* pour qu'il ne puisse se produire aucun glissement, et on lit à quelle division de l'échelle affleure le trait de repère ; on aura ainsi le chiffre correspondant à une épaisseur nulle et qu'on devra retrancher de toutes les lectures suivantes.

On s'assure de nouveau que la lumière est bonne et peut librement passer au travers du colorimètre quand il est vide. On verse alors dans le vase V V le liquide que l'on veut étudier en quantité aussi grande que possible, c'est-à-dire jusqu'à une hauteur telle qu'il ne puisse déborder lorsque le plongeur $t\,t'$ est complètement descendu.

On commence alors la série d'observations qui consiste en général à déterminer à quelle épaisseur les diverses raies du spectre cessent d'être visibles. Il convient donc pour cela d'opérer dans l'obscurité.

Quand on a à sa disposition une quantité de liquide assez grande pour remplir le vase V V, l'épaisseur maximum que l'on peut obtenir est de 10 à 11 centimètres.

Lorsqu'on a peu de liquide, l'épaisseur maximum est moindre, ce qui est sans inconvénient si l'on opère sur une substance suffisamment absorbante; sinon, on peut remplacer le vase V V par un autre de forme semblable, mais de moindre diamètre, que le plongeur $t\,i'$ remplit presque complètement dans la partie étroite; on gagne alors pour l'épaisseur, mais le maniement de l'appareil est moins commode.

Lorsqu'on a déterminé les épaisseurs d'un liquide qui produisent l'extinction de diverses raies métalliques, la meilleure manière de se rendre compte des faits consiste à tracer une courbe en prenant ces épaisseurs pour ordonnées, et pour abcisses les déviations minimum que subissent les rayons en traversant un prisme de quartz de 60°; les divers rayons se trouvent ainsi espacés comme ils le sont dans le spectre de réfraction. Les planches XII à XVII donnent plusieurs exemples de courbes tracées de cette manière. Quand il s'agit de liquides moyennement absorbants, on représente les épaisseurs à l'échelle d'une division pour un millimètre; si les corps sont très absorbants, on représente les épaisseurs à une plus grande échelle, $10^{div.}$ pour 1^{mm}.

Ces courbes donnent de précieuses indications sur les variations de l'absorption avec la réfrangibilité; mais il ne faut pas se faire d'illusion sur leur exactitude, et l'on ne peut point en déduire la valeur absolue des coefficients d'absorption. Cela tient à des causes diverses, dont nous allons énumérer les principales :

1° On ne peut pas compter sur la constance de la lumière produite par des étincelles d'induction, et l'épaisseur de la couche liquide qui amène l'extinction appa-

rente d'une raie est nécessairement d'autant plus grande que la lumière est plus intense. Cependant ces variations sont moins sensibles qu'on ne pourrait le supposer au premier abord, parce qu'une partie des causes qui limitent la visibilité d'une raie diminuent elles-mêmes avec l'intensité de la lumière (reflets, lumière diffuse, etc.).

2° L'intensité de la fluorescence produite par une lumière de réfrangibilité déterminée, ne peut pas être considérée comme constante en tout temps, au moins lorsqu'on emploie des lames liquides telles que l'esculine.

3° La sensibilité de l'œil varie suivant les circonstances et suivant l'observateur.

4° Les diverses raies des spectres métalliques sont d'intensités très différentes, d'où résulte qu'à égalité de coefficients d'absorption, l'épaisseur amenant l'extinction est plus grande pour les raies très brillantes que pour celles qui le sont moins. Par suite, on remarquera dans les courbes une tendance à la production de maximums correspondant aux raies fortes, et de minimums correspondant aux raies faibles.

5° L'intensité de la fluorescence est variable suivant la réfrangibilité, de sorte que de l'égalité d'apparence de deux raies observée à l'oculaire fluorescent, on ne peut conclure à l'égalité réelle de leur intensité. Toutefois, dans ce mode d'observation, l'identité de nuance de toutes les raies est très avantageuse, et permet de juger bien mieux de l'égalité apparente que si l'on avait affaire à des raies de couleurs différentes [1].

[1] J'espère arriver prochainement à des valeurs beaucoup plus précises, basées sur des mesures photométriques permettant de déterminer les coefficients d'absorption. Mais les difficultés sont plus grandes que celles qu'on rencontre dans la construction des spectrophotomètres pour les rayons visibles.

En raison de ces causes de variabilité, et pour les atténuer autant que possible, il convient de procéder toujours de même sur tous les liquides que l'on étudie. Voici quelques indications sur la manière d'opérer que j'ai adoptée.

Je fais, en général, sur chaque liquide deux séries de mesures : l'une avec la lumière produite entre deux électrodes de cadmium; l'autre avec la lumière produite entre une électrode de cadmium et une électrode de zinc. Dans ces deux cas, on ne remarque pas de très grandes différences entre les chiffres obtenus pour les raies communes à ces deux spectres, c'est-à-dire pour les raies du cadmium. Il importe que ces deux séries soient faites rapidement et à la suite l'une de l'autre, de manière que l'on puisse compter sur une constance suffisante de la lumière.

Le spectre du cadmium seul (désigné dans les tableaux par *Sp. Cd.*) donne de bons résultats pour les raies 9, 10 (qui se confond avec 11), 12, 17, 18, 22 (qui se confond avec 23), 24, 25 et 26. Toutefois les raies 12 et 25, étant plus faibles que les raies voisines, il y aura tendance à un abaissement de la courbe sur les points correspondants.— La raie 14 et surtout la raie 16 sont notablement plus faibles que les précédentes, et l'on ne peut pas trop compter sur les chiffres auxquels elles conduisent; cependant elles sont souvent utiles, surtout si dans les cas douteux on contrôle les résultats avec les spectres du fer, du magnésium ou d'autres métaux.

Le spectre du cadmium et zinc (désigné dans les tableaux par *Sp. Zn. Cd.*) ne se prête guère à l'étude des raies moins réfrangibles que 18 du cadmium: il y a trop de confusion dans cette partie du spectre. Mais il

donne de bons résultats pour 18, pour la raie 20 (qui appartient au zinc, mais qui est notablement plus faible que 18); puis pour les raies du cadmium 22 à 26, et surtout pour les trois raies plus réfrangibles 27, 28 et 29.

Pour la construction graphique on fait passer la courbe par les points obtenus pour les raies 9, 10, 11, 12, 17 par l'observation du spectre du cadmium seul; pour les raies 18, 22, 24, 25, 26, par la moyenne des observations sur le cadmium seul et sur le spectre zinc et cadmium; pour les raies 27, 28, 29, par l'observation du spectre zinc et cadmium seul. Entre ces points on infléchit la courbe au sentiment, en s'aidant des chiffres obtenus sur les raies faibles 14, 16, 20 (et au besoin par l'observation des spectres du fer, magnésium, etc.).

Les résultats obtenus de cette manière sont assez constants, particulièrement pour la partie la plus réfrangible à partir de la raie 17, en exceptant les raies extrêmes 28 et 29; pour la partie moins réfrangible, il y a plus de difficultés, parce que les raies sont moins favorables, la proportion de lumière diffuse plus considérable et l'épaisseur du liquide en général plus grande.

Les courbes tracées d'après des séries d'observations faites à différentes époques, conservent en tout cas la même apparence et représentent convenablement la marche générale du phénomène. Sauf dans certains cas spéciaux, dont on trouvera plus bas un exemple, il ne peut guère être question de les faire servir à l'analyse quantitative des liquides que l'on étudie; mais pour l'analyse qualitative elles donnent dans beaucoup de cas des indications d'une grande sensibilité. A ce dernier point de vue, les bandes d'absorption que l'on observe très fréquemment dans l'ultra-violet sont fort utiles. Pour élucider

ce sujet il ne sera pas superflu d'entrer dans quelques considérations théoriques.

Étant donné un liquide absorbant (qui, le plus souvent, est une solution d'une substance dans un dissolvant assez transparent pour que l'on puisse en négliger l'action — eau, alcool), on peut, pour une raie brillante du spectre, exprimer l'intensité i de la radiation transmise au travers d'une couche de ce liquide par

$$i = \mathrm{I}\, e^{\alpha p x}$$

formule dans laquelle :

I représente l'intensité primitive ou, plus exactement, l'intensité transmise au travers d'une épaisseur nulle de la dissolution;

e, la base des logarithmes népériens;

α, un coefficient variable avec la nature du corps dissous et la réfrangibilité de la raie sur laquelle on opère;

p, le poids du corps en dissolution dans l'unité de volume [1];

x, l'épaisseur de la couche absorbante.

Le plus souvent le coefficient α, qui est négatif, prend une valeur absolue croissant avec la réfrangibilité; mais il en est quelquefois autrement, et quand α prend une valeur absolue maximum pour les rayons d'une certaine réfrangibilité, on dira qu'il y a une bande d'absorption

[1] Si, au lieu d'une dissolution, on est en présence d'un liquide absorbant pur, la formule sera la même, *p* devenant égal à la pesanteur spécifique. Si le dissolvant était lui-même absorbant, on rentrerait dans le cas du mélange de deux corps absorbants que nous rencontrerons plus loin.

en ce point. — Inversement, si α prend une valeur absolue minimum pour une certaine réfrangibilité, on pourra dire qu'il y a bande brillante ou bande de transparence sur ce point.

Dans les expériences faites avec l'appareil que nous avons décrit, on ne peut, comme nous l'avons déjà dit, arriver à déterminer d'une manière absolue la valeur du coefficient α; mais si l'on opère toujours de la même manière dans les différentes mesures, on peut néanmoins arriver à des relations d'une grande utilité. C'est ce que nous allons chercher à faire voir.

On mesure les épaisseurs x qui produisent l'extinction apparente des diverses raies observées à l'oculaire fluorescent; on peut admettre que cette apparence d'extinction correspond à une quantité très petite de lumière émise par fluorescence, qui est à la limite de ce que l'œil peut percevoir et qui est la même quelle que soit la raie sur laquelle on opère. Mais comme l'on ne peut pas supposer d'une manière générale que la lumière émise par fluorescence soit proportionnelle à l'intensité de la radiation transmise, nous désignerons par i_1 l'intensité très faible qui produit la dernière fluorescence perceptible pour une première raie d'intensité primitive I_1, et nous aurons la relation

$$i_1 = I_1 e^{\alpha' p x'}$$

Pour une 2me et une 3me raie, nous aurons de même :

$$i_2 = I_2 e^{\alpha'' p x''}$$
$$i_3 = I_3 e^{\alpha''' p x'''}$$

En opérant successivement sur différentes raies, on trouve le plus souvent que la valeur de l'épaisseur x diminue quand la réfrangibilité augmente; mais si le liquide présente une bande d'absorption, x prendra une valeur minimum pour telle ou telle raie de réfrangibilité.

Les formules ci-dessus font comprendre que ces valeurs de x, données par l'expérience et reproduites dans les courbes, ne peuvent être considérées comme inversement proportionnelles aux valeurs absolues du coefficient α. Comparativement aux courbes théoriques, ces courbes déduites de l'observation peuvent être fortement altérées si l'on opère sur des raies d'intensité très différente, ou si l'intensité de la source de lumière varie, ou encore si l'on place dans l'oculaire une lame dont la fluorescence soit variable suivant la réfrangibilité.

Le rapport des épaisseurs correspondant à diverses raies, est ce qui caractérise le mieux le corps. Si l'on compare, par exemple, deux raies déterminées, on a :

$$i_1 = I_1 e^{\alpha' p x'}$$
$$i_2 = I_2 e^{\alpha'' p x''}$$

Puis passant aux logarithmes népériens :

$$\log i_1 = \log I_1 + \alpha' p x'$$
$$\log i_2 = \log I_2 + \alpha'' p x''$$

d'où

$$\frac{x'}{x''} = \frac{\log I_1 - \log i_1}{\log I_2 - \log i_2} \cdot \frac{\alpha''}{\alpha'}$$

Pour que ce rapport $\frac{x'}{x''}$ reste constant malgré les va-

riations qui peuvent se produire dans l'intensité de la source de lumière, il faut que le rapport $\frac{\log. I_1 - \log. i_1}{\log. I_2 - \log. i_2}$ soit lui-même constant. Cette condition sera remplie si $I_1 = I_2$ et $i_1 = i_2$. Il faut donc 1° choisir des raies aussi égales que possible, et 2° placer dans l'oculaire une lame dont la fluorescence soit sensiblement la même dans toute l'étendue du spectre ultra-violet : l'esculine, autant que l'on en peut juger, convient bien à cet égard (sauf un léger affaiblissement sur les raies 17 et 18).—Il ne pourra pas, en général, être absolument satisfait à cette double condition; mais si l'on s'en rapproche, les variations d'intensité de la source de lumière ne feront éprouver au rapport $\frac{x'}{x''}$ que de petites variations qui seront encore atténuées par la raison suivante :

Le rapport $\frac{\log. I_1 - \log. i_1}{\log. I_2 - \log. I_2}$ serait encore constant si le numérateur et le dénominateur étaient eux-mêmes constants, ce qui suppose que i_1 soit proportionnel à I_1, et i_2 à I_2. Il est évident que cette condition ne saurait être complètement remplie; cependant nous avons déjà fait remarquer que les causes qui limitent la visibilité d'une raie, diminuent avec l'intensité de la lumière; cela revient à dire que i_1 et i_2 diminuent en même temps que I_1 et I_2. Cette variation simultanée, bien qu'elle ne soit pas proportionnelle, améliore le degré de constance de $\frac{x'}{x''}$.

Il résulte de ce qui précède, que les courbes construites comme nous l'avons indiqué, doivent donner une représentation à peu près satisfaisante des phénomènes, et

que les rapports d'épaisseur correspondant à des raies ayant sensiblement la même intensité, caractérisent bien le corps absorbant, particulièrement s'il se manifeste des bandes d'absorption.

En opérant sur des dissolutions d'un même corps à divers états de concentration, toutes les autres circonstances restant les mêmes, les épaisseurs x', x'', x''' prendront des valeurs inversement proportionnelles au poids p. Les rapports $\frac{x'}{x''}$, $\frac{x''}{x'''}$... ne seront pas altérés, sauf dans quelques cas exceptionnels [1].

On peut donc, au moins théoriquement, trouver le poids d'un corps en dissolution, en comparant l'épaisseur produisant l'extinction d'une raie dans cette dissolution, avec l'épaisseur produisant l'extinction de la même raie dans une dissolution titrée du même corps.

Si l'on passe à un deuxième corps absorbant, on aura pour les mêmes raies :

$$i_1 = I_1 e^{\beta' q y'}$$
$$i_2 = I_2 e^{\beta'' q y''}$$
$$i_3 = I_3 e^{\beta''' q y'''} \ldots.$$

formules dans lesquelles q indique le poids du corps dissous dans l'unité de volume; β', β'', β''' les coefficients propres à cette substance; y', y'', y''' les épaisseurs.

Maintenant, prenons une dissolution mélangée conte-

[1] Cas d'une substance absorbante fluorescente ou dans laquelle la lumière détermine une action chimique (voir 1er Mémoire).

nant un poids p du premier corps et un poids q du second corps; l'intensité de la radiation transmise sera le produit des intensités obtenues pour chaque substance isolée, et l'on aura la formule générale :

$$i = \mathrm{I}\, e^{(\alpha p + \beta q)\mathrm{X}}$$

et si l'on mesure l'épaisseur X, produisant l'extinction des mêmes raies que précédemment, on aura, en conservant les mêmes désignations :

$$i_1 = \mathrm{I}_1 e^{(\alpha' p + \beta' q)\mathrm{X}'}$$
$$i_2 = \mathrm{I}_2 e^{(\alpha'' p + \beta'' q)\mathrm{X}''}$$
$$i_3 = \mathrm{I}_3 e^{(\alpha''' p + \beta''' q)\mathrm{X}'''}$$

d'où

$$\log i_1 = \log \mathrm{I}_1 + (\alpha' p + \beta' q)\,\mathrm{X}'$$
$$\log i_2 = \log \mathrm{I}_2 + (\alpha'' p + \beta'' q)\,\mathrm{X}''$$
$$\log i_3 = \log \mathrm{I}_3 + (\alpha''' p + \beta''' q)\,\mathrm{X}'''$$

Pour les rapports des épaisseurs correspondant à deux raies, on aura :

$$\frac{\mathrm{X}'}{\mathrm{X}''} = \frac{\log \mathrm{I}_1 - \log i_1}{\log \mathrm{I}_2 - \log i_2} \times \frac{\alpha'' p + \beta'' q}{\alpha' p + \beta' q}$$

$$\frac{\mathrm{X}''}{\mathrm{X}'''} = \frac{\log \mathrm{I}_2 - \log i_2}{\log \mathrm{I}_3 - \log i_3} \times \frac{\alpha''' p + \beta''' q}{\alpha'' p + \beta'' q}$$

Il est évident que le premier de ces rapports, $\frac{\mathrm{X}'}{\mathrm{X}''}$ n'est égal ni à $\frac{x'}{x''}$ ni à $\frac{y'}{y''}$; de même que $\frac{\mathrm{X}''}{\mathrm{X}'''}$ diffère

généralement de $\frac{x''}{x'''}$ comme de $\frac{y''}{y'''}$. En particulier si le premier corps présente une bande d'absorption sur la deuxième raie, par exemple, tandis que le second corps n'en présente pas, c'est-à-dire si l'on a $\frac{x'}{x''} > 1$, $\frac{x''}{x'''} < 1$, $\frac{y'}{y''} > 1$ et $\frac{y''}{y'''} > 1$, le rapport $\frac{X''}{X'''}$ sera plus grand que $\frac{x''}{x'''}$. La bande d'absorption produite par le premier corps sera donc *moins prononcée* dans le mélange que dans la dissolution du premier corps seul; et même elle ne se manifestera que par une *inflexion de la courbe,* sans minimum, si $\frac{X''}{X'''}$ devient plus grand que l'unité.

Mais en tout cas ce minimum ou cette inflexion sera très caractéristique de la présence du premier corps dans la dissolution.

Théoriquement, si la source de lumière reste constante, on peut faire l'analyse quantitative d'un mélange de deux corps absorbants en dissolution par l'observation de deux raies seulement, si l'on a préalablement déterminé l'absorption exercée sur ces raies par les deux substances prises isolément. Supposons, en effet, que nous ayons mesuré les épaisseurs x' et x'', produisant l'extinction des deux raies considérées quand on emploie une dissolution contenant l'unité de poids du 1er corps dans l'unité de volume, soit quand $p = 1$; puis les épaisseurs correspondantes y' et y'' avec le 2me corps quand $q = 1$. On aura une fois pour toutes :

$$\alpha' x' = \log i_1 - \log I_1 \quad \text{ou} \quad \alpha' = \frac{\log i_1 - \log I_1}{x'}$$

$$\beta' y' = \log i_1 - \log I_1 \qquad \beta' = \frac{\log i_1 - \log I_1}{y'}$$

$$\alpha'' x'' = \log i_2 - \log I_2 \qquad \alpha'' = \frac{\log i_2 - \log I_2}{x''}$$

$$\beta'' y'' = \log i_2 - \log I_2 \qquad \beta'' = \frac{\log i_2 - \log I_2}{y''}$$

On déterminera ensuite les épaisseurs X' et X'' amenant l'extinction des deux mêmes raies, lorsqu'on emploie la dissolution à analyser contenant des poids inconnus des deux corps. On aura les équations

$$(\alpha' p + \beta' q)\, X' = \log i_1 - \log I_1$$
$$(\alpha'' p + \beta'' q)\, X'' = \log i_2 - \log I_2$$

Puis en remplaçant α', β', α'' et β'' par leurs valeurs et en résolvant, on obtient :

$$p = \frac{x''}{X''} \frac{\frac{X''}{X'} - \frac{y''}{y'}}{\frac{x''}{x'} - \frac{y''}{y'}}$$

$$q = \frac{y''}{X''} \frac{\frac{x''}{x'} - \frac{X''}{X'}}{\frac{x''}{x'} - \frac{y''}{y'}}$$

Mais *pratiquement*, une pareille méthode d'analyse sera très incertaine tant que les conditions expérimentales

n'auront pas été perfectionnées. Il est donc inutile de nous y arrêter davantage.

On a souvent besoin pour apprécier les indications qui sont données par des courbes correspondant à des mélanges, de rechercher l'effet produit par l'action superposée de deux corps dont l'action est connue; en d'autres termes étant données deux courbes composantes de trouver la courbe résultante. On y arrive de la manière suivante :

Pour une raie déterminée, soit x l'épaisseur d'extinction correspondant à un poids p du premier corps, et y l'épaisseur correspondant à un poids q du deuxième corps ; pour trouver l'épaisseur X correspondant au mélange d'un poids p du premier corps et d'un poids q du deuxième corps, on a les relations :

$$i = \mathrm{I}\,e^{\alpha p x} \qquad i = \mathrm{I}\,e^{\beta q y} \qquad i = \mathrm{I}\,e^{(\alpha p + \beta q)\mathrm{X}}$$

d'où l'on tire la formule

$$\mathrm{X} = \frac{xy}{x+y}$$

Il sera donc facile étant données les deux courbes composantes de tracer, point par point, la courbe résultante. On pourra en particulier se rendre compte des déplacements que peuvent subir les bandes d'absorption et de transparence, des inflexions, etc.

Sans discuter cette formule d'une manière complète, nous ferons remarquer que, pour toute abscisse, l'ordonnée de la courbe résultante est plus petite que la plus petite des ordonnées composantes; qu'elle en est la moitié si $x = y$; qu'elle s'en rapproche d'autant plus que l'autre ordonnée composante est plus grande.

Étude de l'azotate de potasse. Vérifications.

L'azotate de potasse par la facilité que présente sa préparation à l'état de pureté, et par ses propriétés d'absorbtion dans l'ultra-violet, se prête bien à l'essai de l'appareil que nous venons de décrire, et à la vérification des principes que nous avons admis dans les pages précédentes.

Comme c'est à l'acide azotique, et non à la potasse, qu'est due l'absorption exercée par ce corps, et pour éviter toute confusion sur les formules chimiques, je définirai la concentration par le poids d'azote à l'état d'acide azotique contenu dans le liquide. C'est ainsi qu'une solution de $72^{gr},243$ d'azotate de potasse dans un litre sera indiquée comme contenant 10^{gr} d'azote, et ainsi de suite.

Les observations faites sur l'azotate de potasse, comme sur tous les autres corps qui ont été étudiés, montrent qu'entre des mesures consécutives de l'épaisseur d'extinction pour une raie déterminée, on obtient des différences qui peuvent s'élever à $^1/_{10}$ de la valeur totale. Ce degré de précision étant insuffisant, il convient de multiplier les observations et d'en prendre les moyennes.

Certaines raies avec certains corps présentent plus de difficultés que d'autres. Ainsi avec l'azotate de potasse, la mesure sur la raie 18 est moins aisée que les autres, parce que cette raie est la dernière qui disparaît lorsqu'on augmente l'épaisseur : l'œil manque alors d'un point de comparaison pour en retrouver la position dans le champ de l'instrument. Il est bon dans ce cas de profiter comme

d'un repère de quelque poussière ou d'une petite bulle d'air visible dans la lame fluorescente.

Il est à remarquer que lorsqu'on commence une série d'observations, les premières mesures donnent souvent des chiffres un peu faibles jusqu'à ce que l'œil se soit accoutumé à l'obscurité.

Pour me rendre compte de l'influence que peuvent avoir les variations d'intensité de la lumière sur l'épaisseur absolue d'extinction, j'ai fait quelques essais de la manière suivante. On place une dissolution d'azotate de potasse dans l'appareil; on mesure l'épaisseur qui fait disparaître une raie déterminée. Puis on dispose un polariseur de Foucault au-dessus du plongeur, c'est-à-dire entre la fente du spectroscope et la dissolution ; on intercepte ainsi plus de la moitié de la radiation transmise, puisque les réflexions sur les diverses surfaces du prisme s'ajoutent à l'action de polarisation. On mesure de nouveau dans ces conditions l'épaisseur d'extinction pour la même raie, et l'on répète plusieurs fois cette double observation pour avoir des moyennes. Voici quelques résultats obtenus de cette manière :

Spectre du cadmium. — *Extinction de la raie 17.*

		mm	mm
1re expérience.	Sans polariseur	13,8	
	Avec polariseur		11,2
	»		12,0
	Sans polariseur	14,3	
	»	15,0	
	Avec polariseur		12,7
	»		12,8
	Sans polariseur	15,0	
	Moyenne	14,525	12,175
		Diminution	16,2 p. %

2me expérience.	Sans polariseur	20,5	
	Avec polariseur		17,0
	»		18,3
	Sans polariseur	20,4	
	»	20,1	
	Avec polariseur		18,3
	»		18,7
	Sans polariseur	20,4	
	Moyenne	20,35	18,075
		Diminution	11,18 p. %

Spectre du magnésium. — *Extinction de la raie* $\lambda = 279,5$.

	mm	mm
Avec polariseur		14,9
Sans polariseur	17,2	
»	18,0	
Avec polariseur		15,5
»		15,6
Sans polariseur	18,1	
»	17,5	
Avec polariseur		15,4
Moyenne	17,7	15,35
	Diminution	13,2 p. %

Ces chiffres montrent qu'une diminution d'intensité de la radiation atteignant certainement 60 %, n'entraîne dans la mesure de l'épaisseur qu'une variation de 11 à 16 %. On peut conclure de là que lorsque la lumière ne change pas d'une manière immédiatement appréciable à l'œil, les défauts de constance n'exercent qu'une faible influence.

Dans le fait il m'a paru que la disposition de l'appareil, la propreté des pièces transparentes, le degré de fluorescence de la lame placée dans l'oculaire, la mise au point, influent plus sur l'épaisseur d'extinction que les variations d'intensité de la radiation.

En tout cas, avant de commencer une série de mesures sur un corps quelconque, il est bon de faire un premier essai sur un corps connu, par exemple sur une solution titrée d'azotate de potasse, pour s'assurer que l'appareil fonctionne dans des conditions normales.

Le tableau suivant donne les épaisseurs d'extinction que j'ai obtenues sur diverses dissolutions d'azotate de potasse dans quelques séries d'observations comparables entre elles.

Azotate de potasse.

Épaisseurs produisant l'extinction avec des solutions contenant par litre :

RAIES.	10 gr Az	6,25 gr Az	0,020 gr Az	0,002 gr Az
11	Dépasse 100	Dépasse 100	—	—
12	8,5 mm	14,2 mm	—	—
14	3,1	5,0	—	—
17	12,6	20,0	—	—
18	19,67	32,82	—	—
20	—	6,9	Dépasse 100	—
22	0,1	0,1	29,8	Dépasse 100
24	Insensible.	Insensible.	9,9	100,6
25	»	»	3,5	32,9
26	»	»	2,35	24,3
27	»	»	1,75	16,75
28	»	»	1,3	14,0
29	»	»	1,2	10,0

Les courbes de la planche XII reproduisent une patire de ces résultats complétés par l'emploi du spectre du fer et du magnésium. Je donne aussi les courbes, déduites par le calcul, correspondant à un degré de concentration en rapport simple avec le poids atomique, à savoir pour 14 gr. et pour 0gr,0014 d'azote dans 1 litre.

On voit que la transparence qui est très grande pour

les raies peu réfrangibles jusqu'à la raie 11, décroît rapidement au delà, présente un minimum dans le voisinage de la raie 14, puis augmente pour atteindre un maximum un peu avant 18, et enfin reprend une marche rapidement descendante.

Ces chiffres, je le répète, n'ont rien d'absolu : ils correspondent à ce que j'appellerai une *bonne lumière*, qu'il est en général facile d'obtenir avec quelque soin dans la disposition de l'appareil, mais qui n'est cependant pas le maximum de ce que l'on peut atteindre.

Comme valeurs relatives, nous avons dit que le rapport des épaisseurs correspondant à des radiations déterminées, conserve une assez grande constance, quelle que soit l'intensité de la lumière, pourvu que les deux raies que l'on compare ne diffèrent pas trop par leur éclat et par le degré de la fluorescence qu'elles produisent. Les chiffres suivants confirment cette conclusion.

Je citerai d'abord les résultats de trois séries de mesures faites consécutivement avec le spectre du cadmium sur une dissolution d'azotate de potasse à $6^{gr},25$ d'azote dans un litre, et dans des conditions très différentes soit comme intensité de lumière, soit comme disposition de l'appareil, en sorte que les valeurs absolues des épaisseurs s'écartent beaucoup les unes des autres.

Épaisseur produisant l'extinction :			Rapport entre les raies :		
Raie 12	Raie 17	Raie 18	12 et 17	12 et 18	17 et 18
mm	mm	mm			
8,3	14,7	24,5	0,565	0,339	0,600
13,2	18,8	30,65	0,702	0,431	0,613
14,8	20,0	33,1	0,740	0,447	0,614

Pour les raies 17 et 18, qui sont approximativement

égales, les rapports contenus dans la dernière colonne du tableau sont sensiblement constants; tandis que les rapports correspondant aux raies 12 et 17 d'une part et 12 et 18 d'autre part, varient notablement, ce qui s'explique parce que la raie 12 est plus faible que les deux autres, et d'ailleurs d'une mesure plus difficile.

Avec des dissolutions de concentration diverse, en prenant toutes les mesures que j'ai eu l'occasion de faire avec le spectre du cadmium [1] et dont plusieurs n'étaient que des essais effectués sans précaution, j'ai obtenu 0,618 comme valeur moyenne de ce rapport correspondant aux raies 17 et 18; les valeurs extrêmes 0,681 et 0,572 restent dans la limite des erreurs que l'on commet pour des observations isolées quand la mise au point laisse à désirer.

Les valeurs extrêmes du rapport ont été de 0,779 et 0,565 pour les raies 12 et 17, et de 0,494 et 0,339 pour les raies 12 à 18. Les variations sont donc bien plus grandes.

Avec des dissolutions plus étendues, et le spectre zinc et cadmium, j'ai obtenu des résultats analogues. Entre les raies 24 et 26, qui sont approximativement égales d'éclat, le rapport des épaisseurs d'extinction est assez constant et voisin de 4. — Entre 26 et 29, le rapport est très variable, ce qui ne tient pas à l'inégalité de ces raies, mais au fait que le moindre trouble de la solution, ou le moindre défaut de nettoyage de la lentille de concentration, produit une absorption très sensible des radiations extrêmes et particulièrement de la raie 29.

[1] Pour ces observations il convient de bien définir le spectre que l'on emploie; les rapports peuvent être un peu modifiés suivant que l'on opère avec la lumière du cadmium seul ou avec celle du zinc et cadmium.

Il nous reste à examiner dans quelle mesure il serait possible d'employer l'appareil à des analyses quantitatives.

Si l'on est en présence d'un seul corps absorbant, on peut parvenir à des dosages plus ou moins satisfaisants, suivant les cas. Pour cela il convient de comparer, dans deux séries de mesures consécutives, et sans rien changer à l'appareil, la liqueur à analyser avec une solution titrée du même corps à un degré de concentration voisin. On peut, dans ces conditions, admettre que, pour toutes les radiations, les épaisseurs d'extinction sont en raison inverse des poids du corps absorbant en dissolution; par conséquent la mesure, pour chaque raie, permet de calculer la concentration, et en prenant la moyenne des valeurs ainsi obtenues sur toutes les raies d'une observation facile, on arrive au résultat avec une approximation de 5 °/$_0$ environ.

Habituellement ce degré d'approximation n'est pas assez grand; cependant il peut être suffisant dans certains cas spéciaux. Ainsi, s'il s'agissait de déterminer le poids d'acide azotique contenu dans une dissolution très étendue, cette méthode serait aussi précise et bien plus rapide que tout autre procédé d'analyse. — J'en ai fait l'essai sur des dissolutions d'azotate de potasse qui m'ont été remises par M. L. Lossier et dont cet habile chimiste avait fait l'analyse. Comme exemple, voici les chiffres que j'ai obtenus sur l'un de ces échantillons comparé à une liqueur titrée.

Azotate de potasse *(moyennes de deux mesures).*

RAIES Sp. Zn Cd.	Épaisseur produisant l'extinction. Solution à analyser.	Solution titrée 6^{mg} 667 Az dans 1 litre.	Poids calculé.
	mm	mm	mg
22	70,65	720,25	6,796
24	26,4	27,15	6,856
25	10,0	10,95	7,296
26	6,6	6,9	6,970
27	3,45	3,05	6,336
28	3,05	3,275	7,213
29	2,75	2,3	5,576

L'analyse faite par M. Lossier a donné 6^{mg},844 pour le poids d'azote à l'état d'acide azotique contenu dans un litre de la solution.

La moyenne de tous les chiffres obtenus par l'analyse spectrale et contenus dans la dernière colonne du tableau, donne 6^{mg},7204.

Si l'on prend seulement la moyenne des résultats obtenus sur les raies 24 et 26 qui se prêtent le mieux aux mesures, on trouve 6^{mg},913.

Avec une seconde dissolution, pour laquelle l'analyse de M. Lossier avait donné 5^{mg},470 d'azote par litre, j'ai obtenu 5^{mg},264 par la moyenne des observations sur toutes les raies et 5^{mg},247 par la moyenne des raies 24 et 25.

Comme on le voit, l'accord est satisfaisant ; il ne serait d'ailleurs pas difficile d'augmenter la précision en répétant les mesures.

Je n'insiste pas davantage sur ce sujet ; on arrivera probablement, en perfectionnant ces procédés, à étendre leur application à des cas plus nombreux. Mais il importe de faire remarquer que, dores et déjà, cette méthode per-

met de constater, avec certitude et rapidité, le maximum de la quantité d'un corps absorbant qui peut être contenu dans une dissolution.

Par exemple étant donnée une eau quelconque, et l'appareil étant dans les conditions ordinaires, si on trouve qu'une épaisseur de 110^{mm} n'intercepte pas la raie 24, on est certain que l'eau ne contient pas 2^{mg} d'azote, à l'état d'acide azotique, dans un litre. Si sous cette épaisseur elle n'éteint pas la raie 29, on peut affirmer qu'elle ne contient pas $0^{mg},2$ d'azote, etc.

Étude de l'Ammoniaque.

Dans mon premier Mémoire, j'ai signalé le fait que l'ammoniaque et les sels ammoniacaux provenant des usines à gaz, donnent lieu à une bande d'absorption sur les raies 18 et 20 du spectre ultra-violet. J'avais trouvé que chez des sels ammoniacaux d'une autre origine, par exemple avec du chlorhydrate d'Égypte, resté depuis longues années dans le laboratoire d'Aug. de la Rive, cette bande ne se manifeste pas; il faut donc admettre qu'elle est produite par une substance étrangère [1] provenant de la distillation de la houille, et d'une élimination difficile.

M. Elwert [2], auquel j'avais parlé de ces résultats, a bien voulu préparer pour moi des sels ammoniacaux

[1] MM. Hartley et Huntington ont observé le fait curieux que l'ammoniaque d'origine volcanique présente une bande d'absorption analogue. (Researches on the action of organic substances on the ultra-violet rays of the spectrum. — *Philosophical Transactions.* Part. I, 1879, p. 267.)

[2] M. Elwert, récemment enlevé par une mort prématurée, dirigeait l'exploitation de l'ammoniaque à l'usine à gaz de Stuttgart.

d'une grande pureté, et il est arrivé à faire disparaître la substance étrangère par le procédé suivant.

Le sulfate d'ammoniaque du commerce dissous a été traité au bichromate de potasse, puis évaporé, redissous et filtré. La solution a été soumise à un nouveau traitement au permanganate de potasse. On a ensuite distillé à la soude caustique en absorbant les vapeurs ammoniacales par l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique très purs. Puis on a fait évaporer en fractionnant le produit de la cristallisation en trois parties. La seconde fraction est celle qui doit être la plus pure, suivant toute probabilité.

Sulfate d'ammoniaque. — J'ai examiné les trois fractions du sulfate d'ammoniaque préparé de cette manière par M. Elwert. Après les avoir desséchées, j'ai pesé 66^{gr} de chacune d'entre elles, puis dissous dans 250^{cc} d'eau distillée; chacune des solutions était donc à un état de concentration correspondant à 72^{gr} d'ammonium AzH^4 dans un litre, titre en rapport simple avec le poids atomique (Poids atomique $18 \times 4 = 72$). Les solutions n'ont pas été filtrées, elles étaient suffisamment claires pour que cela ne fût pas nécessaire.

Ces produits sont très transparents pour les rayons ultra-violets; les mesures ne peuvent être prises que sur les raies extrêmes 28 et 29 qui sont seules interceptées sous une épaisseur de 10 centimètres. Voici les chiffres qui ont été obtenus.

Sulfate d'ammoniaque pur *à 72 gr. de AzH^4 par litre.*

	Épaisseurs produisant l'extinction.		
RAIES	1re fraction.	2me fraction.	3me fraction.
	mm	mm	mm
28	83,5	98,7	82,3
29	21,5	31,0	22,2

On voit que la 2me fraction, celle qui doit être la plus pure, est aussi la plus transparente. Entre la 1re et la 3me fraction, il n'y a pas de différence sensible.

Les courbes représentant ces résultats, et qui se réduisent à une ligne presque verticale, sont données dans la Planche XIII (courbes 1 et 2).

Chlorhydrate d'ammoniaque. — On a examiné :

1° La deuxième fraction du chlorhydrate d'ammoniaque que j'avais reçu en premier lieu. Comme M. Elwert l'a reconnu plus tard, il contient une trace d'arsenic provenant de l'acide chlorhydrique employé, mais qui ne nuit pas sensiblement à la transparence du produit.

2° Les deux premières fractions d'une nouvelle préparation de chlorhydrate d'ammoniaque, préparation dans laquelle l'arsenic a été éliminé, mais qui cependant a moins bien réussi que la précédente; quelque accident inaperçu a un peu sali le produit, et la matière étrangère qui occasionne la bande d'absorption n'est peut-être pas complètement détruite.

3° Deux échantillons, 1re et 2me qualité, de chlorhydrate d'ammoniaque sublimé provenant d'une usine de Hambourg, et que M. Elwert m'a procurés. Autant que je puis le savoir, ils sont préparés par la sublimation de sel ammoniac de Hollande déjà très pur et de provenance animale.

On a pesé 53^{gr},5 de chacun de ces produits, après dessiccation (sauf pour les échantillons de Hambourg qui étaient déjà secs), et on a dissous dans 250^{cc} d'eau distillée, ce qui donne encore le titre de 72^{gr} de AzH^4 par litre.

Voici les résultats qui ont été obtenus :

Chlorhydrate d'ammoniaque *à 72 gr. AzH^4 par litre.*

RAIES	Épaisseurs produisant l'extinction. 1re préparation Elwert. 2me fraction.	2me préparation Elwert. 1re fraction.	2me préparation Elwert. 2me fraction.	Chlorhyd. de Hambourg. 1re qualité.	Chlorhyd. de Hambourg. 2me qualité.	Acide chlorhydrique seul.
25	—	—	mm 78,55	Dépasse 100	mm 42,7	—
26	Dépasse 100	Dépasse 100	52,05	75,5	12,5	Dépasse 100
27	mm 29,7	mm 25,98	23,68	mm 19,1	3,4	mm 29,48
28	6,3	6,02	6,77	4,3	1,3	5,58
29	1,1	0,85	0,85	0,6	0,5	0,81

Même pour le premier produit, qui est le plus pur, l'absorption est notablement plus forte qu'avec le sulfate d'ammoniaque, ce qui provient non pas de l'ammoniaque, mais bien de l'acide chlorhydrique. En effet cet acide, purifié par distillation, exerce une action sur les rayons très réfrangibles et se comporte presque exactement de même que le chlorhydrate; c'est ce que montrent les chiffres de la dernière colonne du tableau, lesquels ont été obtenus par le calcul pour de l'acide au titre correspondant à 72gr d'$Az H^4$, d'après des expériences faites sur de l'acide à un titre plus bas (équivalent à 58gr d'$Az H^4$).

La transparence des produits provenant de la seconde préparation de M. Elwert, est sensiblement moindre; la 2me fraction qui devrait être la plus pure est la plus absorbante des deux. On a remarqué, en outre, que sous une grande épaisseur, elle produit un affaiblissement sensible des raies 18 et 20; cela fait supposer que la destruction de la matière organique n'a pas été complète.

Les échantillons de Hambourg sont moins transparents que le chlorhydrate pur de M. Elwert. Ils ne donnent pas

d'affaiblissement appréciable des raies 18 et 20 ; l'impureté est donc due à d'autres causes.

La Planche XIII donne une partie des courbes correspondant à ces échantillons (courbes 3, 4 et 5).

D'après ce qui précède, la grande transparence de l'ammoniaque pure peut être considérée comme démontrée. Avec les produits extraits des eaux des usines à gaz on obtient des résultats tout différents que l'on peut apprécier en jetant un coup d'œil sur les courbes des Planches XIII et XIV. Il est évident que ces phénomènes d'absorption complexes doivent être attribués à des substances étrangères; j'ai cherché quelles elles pouvaient être et, sans les avoir toutes déterminées, j'en ai reconnu deux dont l'action me paraît aussi certaine que fréquente [1].

La première, celle qui produit la bande d'absorption très caractéristique comprise entre 17 et 22, est la *picoline*, ou si l'on veut l'une des bases (bases pyridines [2]) entrant dans la composition du liquide livré sous ce nom par les fabricants de produits chimiques, et qui est extrait des goudrons de gaz. Il suffit d'une très petite proportion de ce corps dans une dissolution pour que la bande se manifeste très nettement. Une solution de 1^{cc} dans 1250^{cc} d'eau donne lieu à une courbe qui a beaucoup de rapport avec celle de l'ammoniaque liquide du commerce. En prenant une dissolution de 1^{cc} dans 12500^{cc}, on peut

[1] M. le prof. Græbe a bien voulu m'aider de ses conseils dans cette recherche et mettre à ma disposition plusieurs des produits qui ont été examinés.

[2] La résistance que ces bases présentent aux réactifs oxydants, explique la difficulté que l'on rencontre à les éliminer de l'ammoniaque.

mieux juger de la forme de la courbe, qui est représentée dans la Planche XV.

Le second corps dont l'action paraît évidente, est la *naphtaline*[1]; la Planche XVI donne les courbes correspondant à une solution de $0^{gr},1$ dans un litre d'alcool, ainsi qu'à la proportion très petite de cette substance se dissolvant dans l'eau froide. On voit que ce corps, très transparent pour les radiations peu réfrangibles, présente une bande d'absorption sur la raie 16, puis une bande de transparence dont le maximum tombe sur 22; la courbe redescend ensuite brusquement, présente un nouveau minimum sur 25, et enfin remonte un peu jusqu'à 29.

Voici d'ailleurs les résultats numériques obtenus pour la picoline et la naphtaline. Je ferai seulement observer qu'il ne faut pas compter sur la précision des chiffres obtenus sur les deux solutions les plus concentrées, soit de picoline soit de naphtaline; ces mesures ont été prises rapidement dans des séries préliminaires. Il faut remarquer aussi que la raie 16, à cause de sa faible intensité, est toujours d'une mesure difficile et conduit fréquemment à des chiffres trop bas. Il y a donc quelque incertitude sur l'épaisseur minimum correspondant à la bande d'absorption de la naphtaline sur ces points.

[1] Il se forme souvent des paillettes cristallines de naphtaline dans les flacons contenant de l'ammoniaque des usines à gaz.

RAIES	Picoline. Solution aqueuse : 1 cc dans			Naphtaline. Solution alcoolique : par litre			Naphtaline. Solution dans l'eau froide.
	250 cc d'eau.	1250 cc d'eau.	12500 cc d'eau.	2 gr.	0 gr,1.	0 gr.,1.	
12	—	—	—	Dépasse 100 mm	Dépasse 100 mm	Dépasse 100 mm	—
14	Dépasse 100 mm	—	—	3,33	14,9	56,3	Dépasse 100 mm
16	77,7	Dépasse 100 mm	Dépasse 100 mm	Insensible	0,6	4,2	16,25
17	0,9	5,0	42 4	»	1,0	6,05	37,7
18	0,05	0,52	7,5	0,23	1,97	7,95	50,2
20	0,05	0,4	8,35	0,3	2,55	7,95	59,05
22	0,47	3,6	38,0	1,08	6,25	18,8	81,55
24	0,83	4,8	51,4	Insensible	0,55	2,71	12,2
25	0,32	3,5	38,85	»	Insensible	0,25	1,3
26	0,22	1,37	21,95	»	»	0,57	2,35
27	Insensible	0,4	7,7	»	»	0,8	3,05
28	»	0,1	6,2	»	»	0,85	3,95
29	»	Insensible	2,9	»	»	0,98	4,65

Maintenant passons rapidement en revue les résultats obtenus sur les *produits ammoniacaux des usines à gaz.* Ils sont naturellement très variables, suivant la provenance et même suivant les échantillons de même provenance. Il serait donc inutile de donner les chiffres; l'examen des courbes principales sera amplement suffisant.

Sulfate d'ammoniaque du commerce. — On a étudié les sulfates d'ammoniaque venant de diverses usines; pour tous on a pris 66 gr. du produit brut, tantôt sans le dessécher (courbes pleines), tantôt après dessiccation (courbes pointillées); on a dissous dans 250^{cc} d'eau distillée, ce qui correspond à 72 gr. d'AzH^4 dans un litre (en supposant que le poids des impuretés soit négligeable).

La planche XIV donne les courbes se rapportant aux échantillons suivants :

1° Sulfate d'ammoniaque de l'usine à gaz de Genève.

2° Sulfate d'ammoniaque de l'usine à gaz de Lyon.

Ces deux produits donnent des résultats presque semblables ; il est à remarquer que dans les deux usines à gaz on fait usage de

la même houille (Saint-Etienne). — Jetons un coup d'œil sur la marche des courbes en partant des raies les plus réfrangibles. Pour les raies 29, 28 et 27, l'absorption, beaucoup plus forte qu'avec le sulfate pur, est due sans doute à plusieurs substances; mais il paraît probable que l'action de la picoline est prédominante : on peut le présumer parce que la courbe tourne sa concavité vers l'axe des abcisses, caractère que présente aussi la picoline seule et qui se rencontre d'ailleurs assez rarement dans cette partie du spectre. — De 27 à 26 la courbe se relève notablement comme cela a lieu avec la picoline seule. — Entre 26 et 25, la courbe se rapproche du parallélisme à l'axe des abcisses: c'est là l'effet de la naphtaline et du minimum qu'elle présente sur 25. L'ordonnée étant ici de 8 à 10mm, c'est-à-dire 6 à 7 fois plus grande qu'avec la quantité de naphtaline soluble dans l'eau froide, il faut conclure que la proportion de ce dernier corps est faible. — La courbe se relève ensuite et présente un maximum qui est la résultante des bandes de transparence de la picoline et de la naphtaline: ce maximum ne tombe pas sur 24 comme avec la picoline seule, parce que la naphtaline exerce une absorption énergique sur cette raie; il se rejette sur la raie 22 qui n'est que faiblement interceptée par l'une comme par l'autre des deux substances. — La courbe redescend ensuite rapidement pour atteindre un minimum sur 20 et 18, dû principalement à la picoline. Puis il y a un nouveau maximum sur 17, raie pour laquelle la naphtaline et surtout la picoline sont relativement transparentes. — Enfin on remarque une nouvelle bande d'absorption sur les raies 14 et 12; cette bande n'est produite ni par la picoline, ni par la naphtaline qui ne fait que l'élargir du côté le plus réfrangible. Elle doit donc provenir d'un autre corps; mais comme elle ne se retrouve pas dans les ammoniaques liquides, elle m'a paru avoir une importance secondaire et je n'ai pas fait de recherches spéciales pour en découvrir l'origine.

3° Sulfate de l'usine de Stuttgart (houille de la Saar). 1er échantillon desséché. La transparence générale n'est pas très différente de celle du sulfate de Genève, mais l'action de la picoline est beaucoup moins sensible et ne se décèle que par une inflexion entre 24 et 20. L'influence de la naphtaline est bien appréciable.

4° Sulfate de l'usine de Stuttgart. 2me échantillon non desséché. La transparence est notablement plus grande, l'action de la picoline est très peu sensible, celle de la naphtaline se manifeste par l'inflexion sur les raies 26 à 25. On n'avait pas assez de liquide pour produire l'extinction des raies moins réfrangibles que 18.

5° Sulfate de l'usine de Bologne (houille anglaise). 1er échantillon

desséché. La transparence est de même ordre que pour l'échantillon précédent; la naphtaline produit une inflexion de 27 à 25, et la picoline de 22 à 20. La bande d'absorption sur 12 ou 14, observée avec les sulfates de Genève, Lyon, Stuttgart, s'accuse ici par le grand affaiblissement des mêmes raies sous 100^{mm} d'épaisseur.

6° Sulfate de l'usine de Bologne. 2me échantillon non desséché. La transparence est beaucoup plus grande ; la présence d'une trace de picoline se traduit par la forme de la courbe de 29 à 27 et surtout par l'affaiblissement de la raie 18 qui est beaucoup moins visible que 22 ou 17 sous une épaisseur de 100^{mm}. La présence d'un peu de naphtaline est accusée par l'inflexion de 26 à 24 et l'exagération de l'inflexion 27-28.

Ammoniaque caustique du commerce.— La planche XIII donne les courbes relatives aux échantillons suivants, qui ont tous été ramenés au titre de 72 gr. de AzH^4 par litre (dosage par une liqueur titrée d'acide oxalique).

1° Ammoniaque liquide de Genève, incolore. La transparence est bien moindre que celle du sulfate. La proportion de picoline paraît beaucoup plus forte, elle exerce l'influence prédominante ; la naphtaline et d'autres substances absorbantes ont certainement aussi une action.

2° Ammoniaque de Bâle, couleur ambrée d'absorption est généralement supérieure à celle de l'ammoniaque de Genève. La proportion plus grande de naphtaline est évidente ; elle produit le déplacement de la bande de transparence, dont le maximum est rejeté sur 22, et la plus grande absorption des raies moins refrangible que 17. La matière colorante à laquelle est due la teinte un peu ambrée du liquide, contribue probablement à ce dernier effet.

3° Ammoniaque de Stuttgart, incolore. Ce produit est moins absorbant que les précédents, sauf pour les raies 27 à 29. La bande d'absorption due à la picoline est peu prononcée; plus cependant qu'avec le sulfate de même provenance. La proportion de naphtaline n'est guère sensible.

Ammoniaque distillée. J'ai voulu me rendre raison de l'effet produit par la distillation de l'ammoniaque du commerce. D'anciennes expériences (voir 1er mémoire) m'avaient montré que cette opération faite sur une petite quantité de liquide n'enlève pas à l'ammoniaque la

substance étrangère absorbante. J'ai reconnu depuis qu'en opérant plus en grand et en fractionnant les produits, on parvient à une purification assez avancée. — On a procédé de la manière suivante :

On a rempli d'ammoniaque caustique du commerce (usine de Genève) un flacon de 4 litres environ de capacité, et on l'a chauffé au bain-marie. Les vapeurs qui se dégageaient passaient successivement dans 5 flacons de demi-litre contenant de l'eau distillée et placés dans un grand récipient plein d'eau froide constamment renouvelée. On a laissé marcher la distillation pendant quelques instants, puis on a changé le premier des cinq petits flacons (celui dans lequel les gaz pénétraient en premier lieu [1]) et on l'a remplacé par un flacon semblable que je désignerai par n° 1. On a laissé marcher la distillation jusqu'à ce que le flacon n° 4 fût saturé, tandis que le cinquième absorbait encore énergiquement les vapeurs. A ce moment on a arrêté la distillation. L'ammoniaque contenue dans chaque flacon a été dosée à l'acide oxalique, et l'on a ramené une portion de chaque produit au titre de 72gr de AzH^4 par litre, en ajoutant de l'eau distillée en proportion convenable.

L'étude de ces cinq solutions au spectroscope a donné les chiffres suivants :

[1] Ce premier flacon contenait très peu d'ammoniaque; il n'a rien donné d'intéressant à l'analyse spectrale; on reconnaît seulement une trace de picoline.

Ammoniaque distillée à 72gr AzH^4 par litre.

RAIES	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
14	Dépasse 87 mm	—	—	—	—
17	6,48	Dépasse 100 mm	—	—	Dépasse 100 mm
18	11,9	34,7	Dépasse 100	—	20,7
20	4,9	35,3	Presque éteint à 102	—	15,6
22	30,8	Dépasse un peu 103	Dépasse.	Dépasse 100	9,3
24	30,8	»	»	Affaibli à 103	9,3
25	2,05	32,0	59,3	56,7	8,4
26	2,0	16,3	15,8	14,2	4,05
27	0,7	3,3	3,2	1,9	0,5
28	0,4	0,35	0,5	0,3	0,2
29	0,1	Insensible.	0,1	Insensible.	0,1

Les courbes correspondantes sont données dans la planche XVII.

Le liquide du flacon n° 1, dans lequel devaient se concentrer les vapeurs les moins volatiles, accuse par les inflexions de la courbe une proportion relativement forte de naphtaline et de picoline; le liquide est toutefois notablement plus transparent que le produit non distillé.

Le contenu du flacon n° 2 est déjà beaucoup plus pur, l'action de la naphtaline est à peine sensible; la picoline manifeste sa bande caractéristique avec une grande netteté; le liquide doit contenir approximativement $^1/_{60000}$ de picoline en volume.

Les liquides des flacons n° 3 et 4 sont encore plus purs; on ne peut mesurer l'épaisseur d'extinction pour les raies moins réfrangibles que 25. L'affaiblissement des raies 18 et 20 dans le n° 3 accuse cependant une trace de picoline. Dans le n° 4, il n'y a plus d'influence sensible de la picoline, mais on observe un affaiblissement des raies 24, 22 et un peu de 20. Ce caractère, joint à une transparence générale un peu moindre, différencie ce produit du n° 3 et le rapproche légèrement du suivant.

Le flacon n° 5 dans lequel ont dû se rassembler les produits que l'ammoniaque chasse de la dissolution, donne lieu à une courbe toute différente; on n'y retrouve les caractères ni de la picoline, ni de la naphtaline. J'ignore à quelle substance on doit attribuer l'absorption très énergique qui se manifeste.

Il convient de faire remarquer encore que ces cinq produits sont très opaques pour les raies extrêmes 28 et 29.

Il est probable qu'en distillant encore une fois le liquide le plus transparent (flacon n° 3) et en fractionnant les produits, on arriverait à éliminer plus complètement les substances absorbantes. Mais le procédé suivi par M. Elwert me paraît préférable et tout aussi rapide; on se rappelle qu'il consiste à traiter énergiquement le sulfate du commerce par le bichromate, puis par le permanganate de potasse, avant la distillation sur la soude caustique.

On fera bien d'employer de l'ammoniaque préparée de cette manière si on a à se servir de ce réactif pour des préparations destinées à être soumises à l'analyse spectrale ultra-violette; on risquerait sans cela de fausser les résultats.

L'ensemble de cette étude sur l'ammoniaque me paraît présenter quelque intérêt comme un exemple du parti que l'on peut tirer des phénomènes d'absorption pour reconnaître la présence et juger à un certain point la proportion de corps contenus dans une solution. Je suis persuadé que lorsqu'on sera plus avancé, à ce point de vue, dans l'étude des milliers de substances aujourd'hui connues, les chimistes appliqueront cette méthode à un grand nombre de cas d'analyse qualitative.

NOUVELLE CONTRIBUTION

A LA

CONNAISSANCE DE LA FAMILLE DES TINTINNODEA

PAR

M. le Dr Hermann FOL
Professeur à l'Université de Genève.

Un petit travail, publié il y a deux années (v. *Index bibliographique*, n° XII) dans le présent recueil, rendait compte du résultat de mes premières observations sur l'anatomie et sur la systématique de cette intéressante famille d'infusoires. Depuis lors, un nouvel hiver passé à Villefranche en 1880-1881 m'a permis de reprendre cette étude au point où je l'avais laissée et de faire un pas de plus dans la connaissance de la structure de ces animalcules.

Quelques formes se sont présentées que je n'avais pas rencontrées précédemment. Quelques détails nouveaux de structure ont pu être élucidés. Dans les sciences naturelles, la méthode joue un rôle capital, mais elle n'a nulle part une importance plus grande que dans les recherches microscopiques; ici, l'habileté du chercheur consiste bien moins dans une perspicacité particulière que dans l'art de mettre en évidence les points qu'il désire connaître. C'est ainsi que l'emploi d'une méthode nouvelle m'a permis de

voir clairement bien des choses que je n'avais précédemment pas pu voir ou que j'avais mal vues et mal comprises.

Je vais donc avoir non seulement à décrire les détails nouveaux, mais encore à rectifier en plusieurs points mes anciennes données. L'*Index bibliographique* renferme un travail (XI), qui m'avait précédemment échappé, sur un infusoire voisin de ceux que j'ai décrits, ainsi que quelques publications de nature plutôt critique que descriptive qui ont paru depuis que j'ai fait l'*Index bibliographique* pour mon précédent article (XII, p. 24).

MÉTHODE. La récolte des *Tintinnodea* en mer est chose facile. Il n'y a pas à craindre de les endommager au moment de la capture, car leur coquille, dans laquelle ils se retirent au moindre signe de danger, les protège suffisamment. Ils sont assez robustes et nagent gaiement dans les bocaux, plusieurs heures après la pêche, au moment où beaucoup d'animaux délicats sont déjà morts ou défigurés. Ce n'est toutefois pas à la surface de la mer ni sous un beau soleil qu'on les trouve en plus grande abondance. Par des temps gris, ils montent plus volontiers à la surface que par un temps clair et, de jour, on les trouve surtout à une profondeur de quelques brasses.

Je me suis servi, pour cette pêche, d'une coiffe en mousseline fine, de forme conique, portée sur un anneau de 50 centimètres environ de diamètre. Le fond de la coiffe présente une ouverture rétrécie, comme celle d'une nasse, qui s'ouvre au milieu d'une coiffe beaucoup plus petite, faite de toile à bluter en soie, à mailles très fines. Cette dernière est portée sur un anneau, équilibré par un morceau de liège. Cette coiffe, en gaze de soie,

n'endommage nullement les animaux et elle en prend au moins deux fois autant que le bocal de verre que quelques naturalistes lui substituent. Il est facile, en effet, de comprendre que les parois imperméables du bocal forcent l'eau à tourner dans son intérieur et causent des remous qui entraînent au dehors une notable proportion des animaux capturés.

Avec des animaux aussi agiles et aussi difficiles à observer vivants sous un fort grossissement, il est de toute importance d'avoir un procédé qui permette de les fixer instantanément dans leur attitude naturelle, avant qu'ils aient eu le temps de se retirer dans leur coquille, et qui conserve fidèlement les détails de leur structure.

J'ai essayé les divers réactifs les plus en vogue, sans atteindre mon but. Avec l'acide osmique à faible dose, je ne réussissais pas à conserver les cils du péristome et, avec une forte dose, le corps devenait absolument opaque; des deux manières, il y avait toujours une forte contraction. L'acide acétique, l'acide chromique, l'acide picrosulfurique ne me donnaient qu'une fixation trop lente, en sorte que l'animal mourait ramassé au fond de sa coquille. Enfin j'ai réussi avec un réactif qui n'est pas employé en histologie, le perchlorure de fer; par ce moyen j'ai obtenu un assez grand nombre d'exemplaires de diverses espèces, fixés en état de pleine expansion. Ces sujets, lavés à l'alcool et traités par l'acide gallique, présentent une coloration brune qui se localise surtout sur les noyaux et les rend très visibles; les autres parties de l'animal prennent une teinte brun clair qui les rend faciles à voir.

Les sujets ainsi traités peuvent être inclus dans du

baume de Canada, ce qui donne des préparations permanentes, mais ils sont bien plus nets et plus instructifs si on les place simplement dans de la glycérine.

En traitant de la manière indiquée tout le produit d'une pêche, on peut ensuite, une fois de retour chez soi, y chercher à loisir les infusoires dont un nombre plus ou moins considérable se trouvera fixé dans l'état de pleine extension du corps et du péristome, avec les cils et les palettes vibratiles conservés à la perfection.

ANATOMIE. La structure de la coquille est plus complète chez certaines formes et présente plus de différences d'une forme à l'autre que je ne le croyais précédemment. Ce sont surtout les coquilles légèrement teintées par l'acide gallique et montées dans le baume ou dans la glycérine, qui sont instructives. En comprimant un peu la coquille, on obtient, sur les bords, des coupes optiques parfaitement nettes.

Examinées dans ces conditions sous une bonne lentille à immersion homogène, la coquille des *Tintinnus* se montre composée de deux couches bien distinctes, ainsi que je l'ai précédemment indiqué (XII, p. 12) ; mais, ce que je n'avais pas vu sur les préparations fraîches, c'est que ces couches sont symétriquement placées l'une à la face interne, l'autre à la face externe et séparées par un vide (Pl. XVIII, fig. 7). La substance de la coquille, brunie par l'acide gallique, laisse voir très nettement ces deux couches parallèles, sensiblement de même épaisseur dans toute leur étendue. Chez *Tintinnus ampulla*, cette épaisseur est de 0,8 μ. L'espace qui sépare les deux lames est un peu plus mince que les lames elles-mêmes et se trouve

divisé par une quantité de petites cloisons secondaires qui vont d'une lame à l'autre. La disposition de ces lames varie d'une espèce à l'autre et produit le dessin qui caractérise la coquille de chaque espèce. Au bord libre de la coquille, les deux lames se rejoignent en se recourbant et n'en font qu'une.

Chez le genre *Cyttarocylis*, la disposition est en somme la même, mais les lames sont plus écartées, les cloisons moins nombreuses et plus fortes, laissant des espaces alvéolaires plus apparents (Pl. XVIII, fig. 10).

Dictyocysta présente, outre cette alvéole, des perforations de toute la paroi.

Enfin chez *Coniocylis*, que je crois maintenant pouvoir réunir au genre *Codonella*, la paroi est simple, d'épaisseur variable et irrégulière, et de plus, incrustée de corps étrangers.

Il n'y a donc de différences profondes qu'entre les coquilles agglutinantes, à parois massives, et les coquilles à parois doubles reliées par de petites cloisons. Ces dernières ne diffèrent les unes des autres que par le nombre et la disposition des cloisons, mais la structure fondamentale reste la même. J'avais précédemment (XII, p. 18 et 22) décrit les coquilles alvéolées comme formées d'une sorte de treillis, clos d'un seul côté par une membrane continue. Cette donnée doit être rectifiée en ce sens que les alvéoles sont fermées de toutes parts et comprises entre deux membranes continues.

Les animaux conservés par la méthode indiquée montrent clairement divers détails de structure qui m'avaient échappé sur les animaux traités par les méthodes usuelles. Le noyau prend dans l'acide gallique une teinte brun foncé qui permet de le distinguer à

première vue. Chez *Tintinnus ampulla* et *T. spiralis,* les deux seules espèces du genre que j'aie rencontrées cette fois-ci, je n'ai jamais vu qu'un seul noyau, assez gros et placé soit vers le milieu du corps, soit plus en arrière et près du pédoncule. J'ai rencontré aussi dans mes préparations beaucoup d'individus chez lesquels je n'ai pu découvrir aucun élément de ce genre ; il est si facile à voir, lorsqu'il existe, que j'incline à croire, qu'à certaines phases de l'existence, il est réellement absent ou profondément modifié. Chez *Tintinnus ampulla,* le noyau est ovale et mesure jusqu'à 50 μ dans son plus grand diamètre (voyez pl. XVIII, fig. 7). Il est formé d'une couche superficielle épaisse, qui reste homogène dans les réactifs employés (perchlorure de fer, alcool et acide gallique) et prend une teinte brune uniforme. Je n'ai pu découvrir une membrane distincte à sa surface. Cette couche entoure une cavité arrondie de 28 μ de diamètre, remplie en majeure partie d'une substance granuleuse; on y distingue des grains relativement gros qui se colorent en brun très foncé et sont englobés dans une masse irrégulière finement ponctuée.

Je n'ai pas retrouvé cette structure dans les noyaux des autres espèces, mais je ne prétends pas pour celà qu'il s'agisse d'un caractère spécifique ; j'inclinerais plutôt à croire que cet état du noyau répond à l'une des phases de l'existence de nos animaux. Je regrette vivement de n'avoir pas rencontré cette fois des individus conjugués; convenablement préparés, ils nous auraient fourni des renseignements précieux sur le rôle des noyaux pendant cet acte.

Le sarcode du corps semble simplement granuleux, sans organisation et, en particulier, j'y ai vainement

cherché des indices de striation ou des couches de myoplasma [1].

Le disque oral et sa structure si singulière ont, encore cette fois, particulièrement attiré mon attention, et, grâce à des préparations parfaites sous le rapport de la fixation et de la conservation, j'ai pu examiner la couronne vibratile tout à mon aise et sous les plus forts grossissements. Les résultats obtenus diffèrent notablement de ceux que m'avait fournis l'examen si laborieux des animaux vivants.

La disposition générale des lignes vibratiles est bien celle que j'avais indiquée; ce sont des lignes courbes au nombre d'une vingtaine qui partent du bord et vont se terminer dans l'intérieur du cercle. Mais ces lignes ne sont qu'en partie formées de cils isolés; la partie externe de chaque ligne vibratile est constituée par des lamelles vibratiles assez larges. Ces lamelles sont déchiquetées au bord libre et séparées en filaments; elles ondulent chez l'animal vivant, de manière à donner exactement la même image qu'une rangée de cils qui battent les uns à la suite des autres. Cet aspect, ainsi que l'existence de cils isolés se détachant du bord de la lamelle m'avait induit en erreur, erreur d'autant plus excusable que les lamelles n'occupent que le bord du disque et qu'une rangée de cils de plus en plus courts se trouve sur l'alignement de chaque palette.

Ces palettes ondulantes prennent dans le perchlorure de fer et l'acide gallique des contours si nets que, sans

[1] En parlant de l'absence de striure dans le pédoncule du corps, striure qui se montre au contraire dans le pédoncule des vorticelles, j'ai prononcé le mot de striure transversale. C'est un lapsus calami que Bütschli a relevé avec raison (XV, p. 151); c'est de la striure longitudinale que je voulais parler.

l'observation du vivant, on croirait avoir affaire à des produits cuticulaires (Pl. XVIII, fig. 7). La largeur des palettes est du reste très variable suivant les genres et les espèces, et j'ai remarqué que, lorsque les palettes sont étroites, plusieurs grands cils vibratiles sont placés en rangée à leur suite. Il serait donc fort possible que les palettes dussent être considérées comme correspondant à une rangée de cils soudés entre eux. Elles ne sont rigides dans aucune de leurs parties, mais absolument protoplasmiques et contractiles dans toute leur étendue.

Déjà Hæckel (IX, p. 564 et fig. 8-11) décrit son genre *Codonella* comme possédant de semblables organes vibratiles; mais il les représente comme des lambeaux irréguliers disposés sur le bord d'une membrane. J'ai observé maintenant une forme très probablement identique à celle qu'a décrite ce zoologiste distingué et je crois pouvoir affirmer que son interprétation n'est pas juste. Chez cet animal, les lamelles vibratiles sont étroites, mais elles ont la même disposition générale que chez les autres Tintinnodées et sont placées sur des lignes contournées en portions de spire. Leurs bords latéraux sont presque droits et leur bord externe est divisé en cils. Un petit nombre de cils indépendants complète la ligne spirale commencée par chacune des palettes ondulantes. Il n'y a donc rien dans la structure de la couronne vibratile des *Codonella* qui justifie leur séparation en une famille distincte des autres Tintinnodées. Du reste ces palettes sont bien plus larges et plus apparentes chez *Cyttarocylis cassis* que chez *Codonella*. Hæckel représente cette espèce comme ne possédant que deux rangées de cils en tout; s'il avait vu les palettes, comme il a vu celles, beaucoup plus petites, des *Codonella*, il n'aurait certes pas placé ces animaux dans des familles distinctes.

J'avais déjà terminé mon étude de l'anatomie de ces infusoires et en particulier de leur couronne vibratile, lorsque le hasard me fit rencontrer un article du docteur V. Sterki (XI), article antérieur à mon premier travail, mais qui m'était resté complètement inconnu. J'eus le plaisir d'y trouver une description tout à fait conforme à mes idées rectifiées sur la structure de la couronne ciliaire. C'est donc à Sterki qu'appartient la priorité la plus incontestable sur ce point, car la description de Hæckel ne saurait être considérée comme suffisamment exacte.

La description de Sterki est encore intéressante, en ce qu'elle nous fait connaître une forme d'eau douce, dont la structure est la même que celle des espèces marines et qui nous montre que la famille des Tintinnodées n'est point limitée aux eaux salées. Ce fait nous aidera à juger les données de Stein (VIII) que j'ai déjà précédemment critiquées, et surtout certains synonymes qui ont été bien inutilement introduits (XIII).

Comme je l'ai déjà dit, les lignes vibratiles comprennent à la fois des palettes et des cils indépendants. Ces cils sont placés les uns en dedans, les autres en dehors des palettes; la palette se trouvant au sommet du rebord du péristome, les cils se trouvent implantés en contrebas. Ceux qui sont en dehors du péristome sont généralement forts et presqu'aussi longs que les palettes. Je n'ai jamais trouvé qu'une seule couronne de cils dans cette position; c'est celle que Hæckel a représentée chez sa *Codonella* (fig. 8), mais en leur donnant une longueur exagérée. D'après Sterki (XI) le *Tintinnus semiciliatus* des eaux douces aurait plusieurs couronnes de cils dans cette position, descendant assez bas sur les côtés du corps. Les

cils placés à l'intérieur du péristome sont courts et épais, d'autant plus courts qu'ils se rapprochent davantage du milieu du disque.

Je n'ai pu découvrir, chez aucune des espèces que j'ai observées, la toison de cils fins qui recouvrirait la face externe du corps de diverses espèces, d'après Claparède et Lachman et d'après Hæckel. Je crois avoir retrouvé *les deux mêmes espèces* auxquelles ce dernier attribue ces cils dans son texte et sur ses dessins et je me suis assuré que *ces cils n'existent pas.*

En revanche, j'ai vu chez quelques espèces une structure que je n'ai pas réussi à mettre en évidence d'une manière satisfaisante. Il s'agit d'une membrane qui part du corps de l'animal, s'insérant un peu au-dessous du péristome, et qui va d'autre part s'attacher à la coquille suivant une ligne circulaire qui occupe à peu près le tiers supérieur de celle-là. Je ne conclus à l'existence de cette membrane que d'après quelques images fournies par des animaux traités par des réactifs et chez lesquels, du reste, cette structure n'est que rarement conservée; je ne possède qu'une seule observation faite sur le vivant, à savoir sur la *Codonella galea.* Toutefois je me hâte d'ajouter que les images ne m'ont pas paru suffisamment nettes pour statuer d'une manière définitive, et c'est un point que je ne mentionne que pour le signaler à l'attention des chercheurs. Il m'a semblé que cette membrane est assez ample pour permettre l'extension complète de l'animal, et qu'à l'état de rétraction de ce dernier, elle se plisse à la manière d'une blague à tabac en caoutchouc, fermant ainsi complètement l'accès à la partie interne de la coquille (voyez pl. XVIII, fig. 14).

Chez *Codonella ventricosa* (Pl. XVIII, fig. 12), le bord

libre de la coquille se prolonge en une portion flexible, membraneuse, qui s'ouvre, à l'état d'extension, à la manière d'un col droit, tandis qu'elle se referme complètement lorsque l'animal se retire dans le fond de sa coquille, formant un diaphragme devant l'ouverture de cette dernière. Le mécanisme par lequel l'animal, en se rétractant, produirait cette occlusion ne peut se comprendre que si l'on admet l'existence d'une membrane mince partant de ce rebord flexible pour s'attacher autour du péristome. Je n'ai pas vu cette membrane, mais son existence me paraît probable pour les raisons indiquées et par analogie avec les espèces dont la coquille, plus transparente, m'a permis de voir une membrane dans l'endroit indiqué.

Chez *Cyttarocylis cistellula*, le bord de la coquille des exemplaires adultes est également occupé par un prolongement moins flexible que celui de *Codonella ventricosa*, et qui est généralement incliné de dehors en dedans (Pl. XVIII, fig. 8). Il ne semble pas que ce rebord puisse se fermer complètement et il n'agirait donc qu'à la façon d'un diaphragme partiel.

A côté de certains points communs de structure, les Tintinnodées nous présentent donc une grande variété dans les détails et nous devons nous attendre à trouver avec le temps une grande diversité de formes. Ainsi j'ai rencontré, pendant quelques jours seulement, un assez grand nombre d'exemplaires d'une espèce qui sera décrite plus loin et qui a l'habitude d'accoler sa coquille agglutinante contre des algues flottantes que l'animal transporte avec lui.

On sait que certaines formes qui paraissent utiles dans la lutte pour l'existence, sont souvent réalisées par des animaux et par des moyens très divers, bien que le résultat final puisse être très semblable au point de vue phy-

siologique. L'ichthyosaure et le cachalot, le ptérodactyle, l'oiseau et la chauve-souris, sont des exemples frappants de cette convergence des caractères par l'adaptation. Parmi les animaux marins, j'ai montré [1] que le *Doliolum* de la seconde génération, avec ses deux sortes de bourgeons, se comporte comme une siphonophore, le zoécium étant formé d'un individu locomoteur comparable aux cloches d'une *Diphyes*, et d'individus mangeurs ou gastérozoïdes qui nourrissent toute la colonie.

Une autre de ces formes très fréquentes est celle d'animaux pélagiques très élancés, mûs par des palettes ou des cils placés au milieu de leur longueur. Les larves de la forme zoea, de certains crustacés décapodes, sont un exemple bien connu de cette forme animale, que l'on peut fort bien comparer à ces yoles qui servent aux régates à l'aviron. La grande longueur ne nuit pas à la rapidité de la natation, — au contraire, — mais elle rend très difficile tout déplacement qui n'a pas lieu dans le sens de l'axe longitudinal. Aussi, les animaux qui ont cette forme extérieure ont-ils une faculté qui supplée à celle qui leur manque de pouvoir se retourner; ils ont la faculté de nager à reculons aussi vite et aussi facilement qu'en avant, et de plus ils peuvent changer instantanément le sens de leur course. Les longs prolongements dont ils sont munis, en venant buter contre les corps étrangers, avertissent l'animal du danger et lui permettent d'opérer encore en temps utile une retraite précipitée. Cette forme singulière est réalisée non seulement par les zoeas dont je viens de

[1] *Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, Sur la nutrition et la reproduction du genre Doliolum, communication faite en 1875, et Ueber die Schleimdrüse oder den Endostyl der Tunicaten, *Morphol. Jahrbuch*, Bd. I, p. 222, 1875.

parler, mais encore par un infusoire nouveau, de la famille des Tintinnodea. En effet, cette curieuse espèce a l'habitude d'appliquer sa coquille latéralement contre les cellules cylindriques d'une algue munie de longs prolongements qui, bien qu'étrangers à l'animal, paraissent cependant remplir exactement les mêmes fonctions que les prolongements de la carapace des zoeas. En effet, chacune des cellules de cette algue porte un grand prolongement dirigé en avant, un autre dirigé en arrière, et des prolongements latéraux plus courts, entre lesquels l'infusoire fixe sa coquille (voy. Pl. XVIII, fig. 15). Le nombre des cellules d'algue que le Tintinnus transporte avec lui varie de un à quatre.

Les Tintinnus nagent avec l'ouverture de la coquille en avant et n'ont pas du tout l'habitude de se mouvoir en sens inverse; s'ils le font, ce n'est qu'exceptionnellement et pendant un temps très court. Notre espèce, au contraire, nage aussi facilement dans un sens que dans l'autre, et lorsque la pointe antérieure de l'algue vient à rencontrer un corps étranger, l'animalcule se met à fuir à reculons aussi vite qu'il est venu.

Un autre exemple de convergence des types par adaptation, nous est fourni par un infusoire dont je n'ai pu encore rencontrer la description chez aucun auteur, bien que l'espèce ne soit pas rare. Les arborescences de cette vorticellide planent dans l'eau de mer, et, lorsqu'on vient à les toucher, elles se contractent à la manière d'une méduse, ce qui produit un mouvement de propulsion de toute la colonie.

Classification. Dans l'état encore si imparfait de nos

connaissances de ce groupe, je crois plus prudent de continuer à prendre les caractères de la coquille pour base de la classification ; je me crois d'autant plus autorisé à agir ainsi, que les différences dans les caractères anatomiques m'ont paru coïncider avec les coupes qu'on obtient en ne tenant compte que de la coquille.

1er GENRE. *Tintinnus* (Schrank).

Diagn. emend. — Coquille lisse, ferme, chitineuse, transparente, composée de deux lamelles reliées par des cloisons peu régulières et très rapprochées. Un seul noyau dans la partie postérieure du corps. Lamelles vibratiles du péristome larges et suivies d'un nombre assez grand de cils indépendants. Une couronne de cils en dehors de la couronne des lamelles ondulantes.

Tintinnus ampulla (auct.).

Pl. XVIII, fig. 7.

La lame interne de la coquille fait deux replis circulaires à l'endroit où les contours changent de direction. Les lamelles ondulantes sont plus puissantes chez cette espèce que chez aucune de celles que j'ai observées. Les cils vibratiles qui sont implantés dans les parois de l'œsophage sont particulièrement puissants et faciles à voir. La coquille mesure $0^{mm},11$ de long sur $0^{mm},1$ de large. — Les chiffres précédemment donnés étaient erronés.

Tintinnus spiralis (auct.).

Les dimensions que j'avais indiquées pour la coquille dans mon précédent article, n'étaient pas justes par suite

d'une erreur dans le calcul du grossissement. La longueur de la coquille n'est que de $0^{mm},312$ au lieu de $0^{mm},4$ et sa largeur à l'entrée est de $0^{mm},068$ au lieu de $0^{mm},09$.

Les deux lamelles de la coquille sont parfaitement distinctes et reliées entre elles par des cloisons un peu irrégulières, mais dirigées en somme d'avant en arrière avec une torsion spirale. Ce sont ces cloisons que j'ai décrites précédemment comme de simples stries. Entre les cloisons se trouvent des rangées longitudinales de petits points, qui ne sont que les coupes optiques de petits piliers se rendant d'une lame à l'autre. Au bord libre de la coquille, les deux lames s'écartent un peu l'une de l'autre, laissant ainsi entre elles un espace plus large qu'ailleurs. Extérieurement, le bord de la coquille est élargi en bourrelet, tandis qu'intérieurement elle est régulièrement cylindrique. Le bourrelet creux est donc constitué par l'écartement de la lame externe. Le bord même est creusé d'un sillon produit par un plissement de la paroi de la coquille à l'endroit où la lame externe passe à la lame interne; ce repli circulaire fait donc saillie dans la cavité du bourrelet, qu'il diminue d'autant.

Le péristome porte une couronne de palettes ondulantes que j'avais précédemment prises pour des cils isolés. En dehors des palettes, il m'a semblé qu'il n'y avait qu'un seul cil indépendant à chaque rangée spirale, tandis qu'en dedans il y a plusieurs cils de plus en plus courts. Mes exemplaires, fixés par le perchlorure de fer et colorés par l'acide gallique, présentent un seul noyau ovale, situé latéralement contre la paroi du corps, du côté opposé à celui où se trouve l'ouverture buccale, à peu près au milieu de la longueur du corps.

2me GENRE. *Cyttarocylis* (auct.).

Diagn. emend. — Coquille lisse, ferme, transparente, composée de deux lamelles séparées par un espace au moins deux fois aussi large que l'épaisseur de chacune des lamelles. Cet espace est divisé par des cloisons très régulières en une quantité d'alvéoles polygonales, qui donnent à la coquille l'aspect d'un treillis.

Péristome bordé de palettes ondulantes moins larges que chez Tintinnus.

Cyttarocylis cassis.

(*Dictyocysta cassis,* Hæck.)

Divers exemplaires durcis m'ont présenté un noyau ovale situé vers le milieu de la longueur du corps. La fig. 10, pl. XVIII, montre le bord de la coquille avec ses cloisons et ses deux lamelles en coupe optique. — La longueur de la coquille est de 0mm,22, sa plus grande largeur de 0mm,132.

Cyttarocylis cistellula (n. sp.).

Pl. XVIII, fig. 8.

La coquille est arrondie, ovoïde vers le bas, tandis que la partie supérieure s'élargit en forme d'entonnoir. Sur le bord de l'entonnoir, est placée une portion membraneuse dirigée en dedans. Cette portion membraneuse renferme un sinus assez large, et se compose d'une paroi externe, membraneuse, très mince et très flexible et d'une paroi interne qui forme la continuation de la lame interne de la coquille.

Les cellules comprises entre les deux lames de la coquille et limitées par les petites cloisons de forme polygonale sont de grandeur sensiblement égale, sauf un certain nombre de cellules placées en zone autour de la partie la plus large de la coquille et qui ont deux à trois fois le diamètre des autres cellules. Les petites cellules (je n'emploie pas le mot dans son sens histologique!) ont en moyenne 3 μ de diamètre, les plus grandes ont jusqu'à 9 μ de largeur. La longueur de la coquille, y compris le rebord membraneux, atteint $0^{mm},1$, sa plus grande largeur est de $0^{mm},07$. L'animal diffère peu de celui du C. *cassis*.

J'ai rencontré cette espèce à Villefranche où elle était assez rare pendant l'hiver 1880-81.

Genre Dictyocysta (Ehrbg.).

Coquille formée de deux lamelles avec des cloisons comme chez Cyttarocylis, mais présentant en outre des ouvertures véritables, des fenêtres plus grandes que les cellules internes de la coquille.

Dictyocysta templum (Hæck.).

Pl. XVIII, fig. 9.

Je crois pouvoir identifier l'espèce que j'ai rencontrée à Villefranche avec celle dont Hæckel donne un dessin, malgré la forme plus arrondie du sommet de la coquille et malgré quelques différences attribuables à des erreurs de dessin. La coquille ressemble beaucoup pour la structure à celles du genre Cyttarocylis, sauf que les grandes fenêtres du bord et celles qui se trouvent autour de la

partie la plus large de la coquille sont réellement percées à jour. Je me suis assuré de ce fait en plaçant la coquille dans une goutte de glycérine chargée de particules en suspension et faisant circuler le liquide à l'aide de pressions exercées sur le couvre-objet. J'ai vu alors les particules passer à travers les fenêtres, tandis que la même expérience m'a toujours donné des résultats négatifs pour les grandes cellules de la coquille des Cyttarocylis.

L'animal m'a paru différer bien peu de celui de ce dernier genre.

Cette espèce, la seule du genre que j'aie trouvée à Villefranche ne s'est présentée qu'à un petit nombre d'exemplaires.

Genre Codonella (Hæck.).

Coniocylis (*mihi*).

Je crois maintenant être sûr de l'identité de l'une des espèces que j'avais décrite sous le nom de Coniocylis avec une des Codonella de Hæckel. Le diagnostic de ce dernier était, il est vrai, fautif, puisqu'il est basé sur une structure mal comprise et commune du reste à tous les Tintinnodées. Néanmoins je préfère conserver le nom proposé par cet auteur, puisque ce nom a l'avantage de la priorité. Voici du reste le nouveau diagnostic de ce genre :

Coquille formée d'une seule lame, inégale, bosselée ou striée, agglutinante, plus ou moins incrustée de corps étrangers. Animal muni au péristome de lamelles ondulantes étroites et possédant deux noyaux.

Codonella campanula.

Pl. XVIII, fig. 11.

Tintinnus campanula (Ehrbg.), *T. campanula* (Cl. et L.), *Codonella campanella* (Hæck.), *Coniocylis campanula* (mihi).

Je crois pouvoir identifier cette espèce avec celle que Hæckel a figurée et décrite, malgré les quelques différences qu'on remarquera dans la forme et les proportions de la coquille, parce que j'ai acquis maintenant la certitude que les dessins de Hæckel ont été faits un peu lestement et ne doivent pas être pris « au pied de la lettre. »

Les deux noyaux sont placés dans la partie postérieure du corps et accolés aux deux parois opposées. L'un des deux se trouve en général un peu en arrière de l'autre.

Je profite de cette occasion pour rectifier mes précédentes données sur les dimensions de la coquille de cette espèce. La longueur de cette coquille atteint $0^{mm},16$, sa largeur à l'orifice, $0^{mm},1$.

Codonella ventricosa.

Pl. XVIII, fig. 12.

Tintinnus ventricosus (Cl. et L.).

La coquille est beaucoup plus épaisse que celle de *C. campanella* et fortement incrustée de petits grains de grosseurs très inégales. Le bord rétréci est lisse et c'est sur cette partie non incrustée que s'implante la membrane flexible. La zone lisse rappelle une cravate, et la membrane, un col droit qui la dépasse. La figure représente cette membrane un peu plissée. Lorsque l'animal

s'étale, la membrane se dresse en forme de cylindre. Lorsque l'animal se retire au fond de sa coquille, la membrane se replie en dedans et ferme complètement l'entrée de la coquille. Cette membrane est incrustée de petits corps brillants, allongés et tous dirigés perpendiculairement au bord de la membrane. La coquille a $0^{mm},075$ de longueur jusqu'à la base de la membrane qui a $0^{mm},015$ de large. La plus grande largeur de la coquille est de $0^{mm},07$.

L'animal présente deux noyaux placés au même niveau vers le milieu de la hauteur du corps, contre les parois.

J'ai trouvé cette espèce en très grande abondance à Villefranche.

Codonella nucula, n. sp.

Pl. XVIII, fig. 13.

Cette espèce ressemble beaucoup à la précédente, sauf pour les dimensions. Les corps incrustants sont un peu plus clairsemés, la membrane flexible est relativement plus large. La longueur de la coquille seule est de $0^{mm},04$, celle de la membrane de $0^{mm},015$, la plus grande largeur de la coquille de $0^{mm},033$.

On pourrait être tenté de prendre cette forme pour un état de jeunesse de l'espèce précédente; si ce n'était que, malgré la grande abondance avec laquelle ces deux espèces se présentent, les intermédiaires manquent complètement. Du reste, je n'ai jamais rencontré, dans aucune espèce de Tintinnodées, des coquilles plus petites l'une que l'autre, ce qui prouve que la coquille est produite dès l'origine dans ses dimensions définitives, quelle que soit la grosseur de l'animal qui la sécrète.

Le *Tintinnus Ehrenbergii* décrit par Claparède (X, p. 1) semble, il est vrai, continuer à agrandir sa coquille, après l'avoir sécrétée, mais cette croissance est obtenue par l'addition d'anneaux qui ne sont pas en continuité de forme avec la première partie de la coquille.

Codonella galea (Hæck.).

Pl. XVIII, fig. 14.

Bien que la forme et le mode d'incrustation de la coquille ne s'accordent pas absolument avec les figures de Hæckel, je crois pouvoir identifier cette espèce avec celle de l'auteur cité, et cela pour les raisons déjà indiquées à propos de la *Codonella campanula.*

La coquille est fortement incrustée de gros grains aplatis qui se touchent presque tous par leurs bords.

La longueur totale de la coquille est de $0^{mm},08$; sa plus grande largeur est de $0^{mm},06$, son entrée au niveau de l'étranglement peut être fermée, lorsque l'animal se retire, par une membrane plissée, que j'ai indiquée sur la figure. Les plis se joignent de telle façon que le point central forme une saillie pointue.

Je m'abstiens de classer et de donner un nom à l'infusoire que j'ai rencontré accolé à des algues (Pl. XVIII, fig. 15). L'observation du vivant ne m'ayant pas renseigné d'une manière suffisante sur la structure de la couronne vibratile et de la coquille; les exemplaires que j'avais conservés pour l'examen ultérieur ont été détruits par un accident. Il me paraît probable cependant que cette forme est voisine des Codonelles. Chez la plupart des exemplaires

que j'ai rencontrés, le sommet de la coquille était cassé, de sorte que la coquille était ouverte des deux bouts; mais cet accident ne semble pas avoir le moindre inconvénient pour l'animal.

La longueur de la coquille, lorsqu'elle est complète, est de $0^{mm},16$; sa plus grande largeur de $0^{mm},04$. J'ai mesuré la longueur d'une des algues à laquelle ces coquilles sont attachées; d'une extrémité à l'autre de ses prolongements, cette algue avait $0^{mm},6$, soit près de quatre fois la longueur de la coquille.

Il résulte des faits que je viens de rapporter, que l'organisation des Tintinnodea est peu variée et que rien ne peut justifier la séparation des genres actuellement connus en plusieurs familles. J'ai déjà indiqué précédemment pour quels motifs je conserve ce nom à la famille entière. Le mémoire de Sterki est particulièrement intéressant en ce qu'il nous montre que les formes d'eau douce ne diffèrent pas par leur organisation des formes marines et que nous n'avons aucune raison plausible de réserver ce nom de famille pour un type hypothétique, fondé sur des descriptions fautives. C'est pourtant ce que fait Saville Kent (XIII, p. 624), qui donne aux Tintinnodées le nom de Dictyocistides et supprime le premier nom faute de trouver des animaux auxquels il puisse l'appliquer! Les Dictyocystides de S. Kent sont simplement un synonyme des Tintinnodées de Claparède et Lachmann, synonyme que nous pouvons mettre simplement de côté, puisque la priorité appartient incontestablement au nom que j'ai adopté.

Il en est de même du genre *Petalotricha* que S. Kent cherche à substituer au nom de *Tintinnus*. Ici encore il semble réserver ce dernier pour des animaux hypothétiques. Il serait superflu de combattre un parti-pris; il suffit de le constater.

Les familles des Dictyocystides et des Codonellides, telles que Hæckel les a établies, méritent mieux notre attention, car ce ne sont pas de simples synonymes. Ces familles sont fondées sur des différences anatomiques et il reste seulement à savoir si ces différences sont bien réelles, ou si elles ne sont pas plutôt fondées sur des observations insuffisantes. Je me prononce sans aucune hésitation pour cette dernière alternative. Les pages qui précèdent montrent que l'organisation de nos infusoires est peu variée et que même dans la disposition du péristome, sur laquelle Hæckel fondait ses distinctions, il n'existe aucune différence suffisante pour justifier leur séparation en plusieurs familles. Le genre *Codonella* est le seul qui présente des caractères bien tranchés, non pas à son péristome, mais dans la structure de sa coquille et par la présence de deux noyaux à la partie postérieure de son corps. Ces différences ont-elles plus qu'une valeur générique? Je ne le pense pas, et je considère tous les Tintinnodées connus jusqu'à ce jour comme formant une seule tribu et une seule famille. Quant à la position de cette famille vis-à-vis des infusoires péritriches, j'ai donné précédemment mon opinion à cet égard, opinion que mes dernières recherches n'ont fait que confirmer et accentuer encore davantage.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

X. R. E. Claparède, Beobachtungen etc. an der Küste von Normandie angestellt. fol. Leipzig, 1863.

XI. Dr V. Sterki, Tintinnus semiciliatus, eine neue Infusorienart. *Zeitschr. f. w. Zool.* Bd. XXXII, p. 460 mit 1 Taf. 1879.

XII. H. Fol, Contribution à la connaissance de la famille des Tintinnodea. *Arch. des sc. phys. et nat.* T. V, p. 5. Janvier 1881.

XIII. Saville Kent, A Manual of the Infusoria. Part. V, p. 624 et suiv.

XIV. C. M. Vorce, Is it Tintinnus? *Amer. monthly microscop. Journ.* Vol. II, p. 223-224. 1881.

XV. Prof. O. Bütschli, Referent, *Zoologischer Jahresbericht*, pro 1881, 1ste Abtheilung, p. 151.

EXPLICATION DES FIGURES DE LA PLANCHE

Fig. 7. Tintinnus ampulla, traité par le perchlorure de fer et l'acide gallique et monté dans le baume de Canada. Grossi 420 fois.

Fig. 8. Cyttarocylis cistellula, la coquille traitée par le perchlorure de fer et l'acide gallique et conservée dans le baume. Grossie 420 fois.

Fig. 9. Dictyocysta templum, la coquille traitée comme les précédentes; grossie 420 fois.

Fig. 10. Portion supérieure de la coquille vue en coupe optique; traitée par le perchlorure de fer, l'acide gallique et le baume de Canada; grossie 420 fois.

Fig. 11. Codonella campanula. Le corps et une partie de la coquille; même traitement; grossie 420 fois.

Fig. 12. Codonella ventricosa. Même traitement et même grossissement.

Fig. 13. Codonella nucula. Même traitement et même grossissement.

Fig. 14. Codonella galea, dessinée vivante et grossie 420 fois.

Fig. 15. Tintinnodée nouvelle, dessinée vivante et grossie 360 fois. L'exactitude de ce dessin n'est pas garantie quant à la couronne ciliaire du peristome qui n'a pu être étudiée que sur des animaux vivants.

SUR LE GROSSISSEMENT

ET LA

PUISSANCE DES APPAREILS DIOPTRIQUES [1]

PAR

M. le Dr Adrien GUÉBHARD

Le *grossissement* d'un instrument employé comme auxiliaire de l'œil, pouvant être défini, en toute circonstance, comme le rapport des dimensions apparentes de l'image fournie actuellement par lui, et de l'objet vu dans sa position la plus rapprochée possible, aura pour expression $G = \frac{H}{D} : \frac{h}{d}$, si H et h représentent deux ordonnées correspondantes de l'image et de l'objet, D la distance actuelle de la première au premier point nodal de l'œil, et d la plus petite distance possible du second.

Ce rapport ne change pas si l'on divise ses deux termes par h : or $\frac{1}{D} \cdot \frac{H}{h}$ représente alors la dimension apparente de l'unité de longueur de l'objet, vu à travers l'appareil, ou, par extension d'une définition de Verdet, la *puis-*

[1] Résumé d'une conférence faite à la Sorbonne, au laboratoire d'ophthalmologie de l'École pratique des Hautes Études, sous la présidence de M. le Dr E. Javal, le 31 mars 1883.

sance actuelle[1] de l'instrument : ce qui permet de dire, en assimilant l'œil à tout autre instrument, que le *grossissement* n'est que le *rapport des puissances de l'œil armé et de l'œil nu.*

Or cette dernière, représentée par $\frac{1}{d}$, est toujours absolument définie par les conditions expérimentales ; car de deux choses l'une : ou bien l'objet demeure fixe à une distance invariable, et, *s'il y a vision distincte,* la puissance de l'œil ne peut pas avoir d'autre expression que l'inverse de cette distance[2]; ou bien l'objet est rapprochable à volonté et la plus grande puissance correspond à la distance *minima* de la vision distincte, c'est-à-dire à la valeur particulière $d = \pi$ qui caractérise la position du *punctum proximum.*

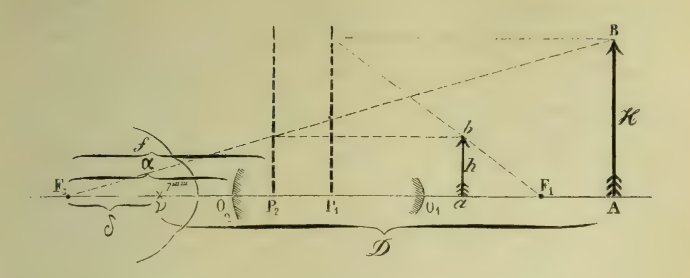
Quoi qu'il en soit, il en résulte que, pour un œil et dans des circonstances données, tout ce que peut faire varier l'observateur, c'est la *puissance actuelle* de l'instrument combiné avec son œil ; cherchons-en l'expression.

Soient f, δ les abscisses du deuxième plan principal de l'instrument et du premier point nodal de l'œil par rapport au deuxième foyer principal de l'appareil[3]. L'abscisse

[1] Je dis *actuelle*, car cette puissance varie selon les conditions d'emploi de l'instrument. Pour un objet situé à l'infini, la *puissance* de l'œil et d'un instrument quelconque est toujours nulle : c'est ainsi qu'une étoile ne peut jamais être vue que sous la forme d'un point et que, seules, les longueurs infinies par rapport à la distance de la terre peuvent, de l'infini, donner naissance à une impression finie.

[2] S'il n'y a pas vision nette, on peut caractériser le degré d'impuissance en disant qu'il y a une puissance négative égale à celle qu'il faudrait ajouter pour revenir à la puissance zéro.

[3] Nous prenons pour direction positive celle du regard, et pour direction négative celle des rayons incidents. En plaçant l'œil sur



de l'image H sera, par rapport à ce même foyer, D + δ et la formule fondamentale des instruments réduits à leurs points cardinaux [1] donne immédiatement

$$\frac{H}{h} = \frac{D + \delta}{f},$$

d'où

$$P = \frac{1}{D} \cdot \frac{H}{h} = \frac{1}{f}\left(1 + \frac{\delta}{D}\right)$$

expression de la puissance qui, participant de la généralité algébrique des formules qui ont servi à l'établir, mérite d'être discutée d'une manière complète, c'est-à-dire en donnant à δ et à D toutes les valeurs et tous les signes compatibles avec la vision distincte.

Or, si δ peut, dans le sens négatif, prendre (théoriquement) toutes les valeurs possibles, par un éloignement de plus en plus grand de l'œil, jusqu'à $-\infty$, il n'en est plus de même dans le sens positif, où il faut compter avec les

la gauche, on retrouve la convention habituelle de la géométrie analytique.

[1] J'en ai donné une démonstration très élémentaire dans une conférence faite le 14 février 1873 *sur les points cardinaux des systèmes dioptriques centrés*, publiée dans les *Annales d'Oculistique*, t. LXXXI, p. 195-215. En brochure, chez Masson, éditeur.

obstacles matériels que peuvent présenter à l'écartement du foyer et du point nodal le verre oculaire, d'une part, et, d'autre part, la cornée, précédée elle-même de la paupière et des cils. Soit ε (en chiffres) l'espace libre que réclament ceux-ci, ν la distance numérique de la cornée au point nodal et α l'abscisse de l'extrémité oculaire du tube de l'instrument par rapport au foyer : la plus grande valeur que pourra prendre δ, quand l'œil sera le plus près possible de l'oculaire, aura pour expression $\alpha - \varepsilon - \nu$, valeur qui ne pourra être positive que si $\alpha > \varepsilon + \nu$.

Or, ν a dans tous les yeux et dans tous les états d'accommodation d'un même œil une valeur à peu près fixe, comprise entre $6^{mm},515$, dans l'accommodation la plus forte et $6^{mm},957$, dans le relâchement complet du muscle ciliaire [1]. D'autre part, d'après un renseignement autorisé que je dois à l'obligeance de M. le colonel Goulier, c'est à 7^{mm}, au bas mot, qu'il faut estimer la distance nécessaire entre la cornée et le verre pour éviter tout contact irritant : mettons, en chiffres ronds, 12^{mm} pour $\varepsilon + \nu$, et nous sommes certains de ne pas rester en dessous de la vérité en assignant comme valeur *maxima* aux variations de δ la valeur $\alpha - 12^{mm}$.

Quant à D, la *seule* [2] condition à laquelle il doive satisfaire avant toute discussion, c'est que la vision soit distincte : d'ailleurs de petits déplacements soit de l'instrument, s'il s'agit d'un microscope, soit de l'oculaire s'il s'agit d'une lunette [3], peuvent toujours faire prendre à D

[1] Helmholtz, *Optique physiologique*, traduction Javal, p. 154.

[2] Rien ne permet d'affirmer *à priori* que D doive être toujours égal à la distance *minima* de la vision distincte.

[3] Dans toute l'étude des lunettes, il est avantageux de considérer

toutes les valeurs possibles depuis $-\infty$ jusqu'à $+\infty$: parmi ces valeurs, nous admettrons donc toutes celles qui sont comprises entre le *punctum proximum* et le *punctum remotum* de l'œil appliqué à l'instrument, c'est-à-dire entre les abscisses π et ρ de ces deux points par rapport au point nodal ; ajoutons enfin que π est toujours positif et généralement plus petit que ρ, lequel est égal à l'infini pour l'œil *emmétrope* ou normal, et peut devenir négatif pour l'hypermétrope, tandis qu'il a, pour le myope, une valeur toujours positive, mais souvent assez petite et coïncidant presque toujours alors avec une diminution de π.

Cela posé, la discussion devient très simple. Mettant de côté, pour l'instant, les valeurs négatives de D, spécialement dévolues à l'œil hypermétrope, si δ est $> o$ (ce qui suppose $\alpha > 12^{mm}$) il est évident que la plus grande valeur de P correspondra à la plus grande de la fraction $\frac{\delta}{D}$, c'est-à-dire à la plus grande du numérateur δ et la plus petite du dénominateur D. Cela signifie que toutes les fois que l'œil peut placer son premier point nodal entre l'oculaire et le deuxième foyer de l'instrument, la plus grande puissance s'obtient en approchant l'œil le plus possible du verre et en produisant au *punctum proximum* l'image de l'objet, placé le plus près possible de la face objective de l'instrument : l'effort d'accommodation que fait l'œil pour distinguer cette image a pour effet de rapprocher le point nodal de la cornée, et par conséquent d'augmenter encore sa distance δ au foyer

comme objet fixe l'image produite par l'objectif, et de traiter séparément l'oculaire comme instrument de constitution invariable, mais mobile par rapport à l'objet.

de l'instrument. La puissance a alors pour valeur $\frac{1}{f}\left(1+\frac{\alpha - 0^{m}012}{\pi}\right)$; mais, répétons-le, cette solution, la seule ordinairement donnée pour la loupe, sans distinction de valeurs focales, n'est réalisable qu'avec les instruments dont le foyer tombe à plus de 12^{mm} de l'extrémité oculaire.

Avec *tous* les instruments, au contraire, on peut donner à δ des valeurs négatives : deux cas sont alors à distinguer, selon que δ est plus ou moins grand que D en valeur absolue, c'est-à-dire suivant qu'on fait tomber l'image entre l'œil et le deuxième foyer, ou au delà de celui-ci; dans le premier cas, le seul réalisable avec les instruments à second foyer virtuel, la parenthèse devient négative et le maximum, en valeur absolue, de P, correspond encore à la plus grande valeur numérique de la fraction, ou à la plus grande de δ et à la plus petite de D, c'est-à-dire qu'il faut éloigner l'œil le plus possible de l'instrument et produire l'image au-devant de lui, au *punctum proximum.* Mais il arrive alors que les images, toujours droites, virtuelles et rapetissées, sont nécessairement limitées dans leurs déplacements par la position des plans principaux. Il n'en est pas de même avec les instruments convergents, où l'image, renversée mais réelle, peut suivre l'œil jusqu'à l'infini négatif, toujours grandissante et toujours à la distance du *punctum proximum.* On conçoit que les instruments ne soient point ordinairement construits dans ce but; mais il était bon de montrer comment pouvait ressortir directement de la formule générale du grossissement l'indication d'emploi de ces instruments comme appareils de *projection*[1], solution trop

[1] Ce cas particulier est d'ailleurs le seul qui s'applique à la

généralement laissée dans l'ombre, quoiqu'elle puisse être souvent de la plus grande utilité pratique [1].

Si δ, négatif, est plus petit en valeur absolue que D, c'est-à-dire si l'image est située au delà du deuxième foyer, nous retombons dans les conditions ordinaires d'observation à l'image virtuelle. Mais alors la fraction $\frac{\delta}{D}$ étant soustractive et toujours plus petite que l'unité, c'est en lui donnant la plus petite valeur possible que l'on atteindra le maximum de P. Pour cela, on placera l'œil de manière que le point nodal tombe le plus près possible du foyer, ce qui s'obtiendra en approchant la cornée au plus près de l'oculaire dans le cas de $\alpha < 12^{mm}$, mais sans jamais faire intervenir l'accommodation, dont le suprême effort ne pourrait faire perdre à δ que $0^{mm},4$, tandis que le dénominateur D, pour devenir le plus grand possible, c'est-à-dire égal à ρ, exige que l'image soit produite au *punctum remotum*, ou au point d'accommodation nulle. Qu'est-ce que $0^{mm},4$ auprès des mouvements de totalité de la tête, auprès des grandes valeurs de ρ et surtout auprès de la latitude laissée à la valeur de ε? Sans être, comme on dit, *infiniment presbyte*, et pourvu que l'on ne soit point *myope*, l'on pourra toujours réduire à la valeur $\frac{1}{f}$ l'expression qui représente ici la puissance maxima, savoir $\frac{1}{f}\left(1 - \frac{0^m012 - \alpha}{\rho}\right)$: il suffira pour cela

chambre noire. C'est également celui qu'on utilise dans l'examen ophthalmoscopique à l'image renversée.

[1] Il est certain que, sans elle, l'observation microscopique du ménisque mercuriel dans l'électromètre capillaire de M. Lippmann, restreindrait beaucoup la possibilité d'emploi de ce précieux instrument.

de faire $\rho = \infty$, valeur qu'atteint facilement, sans cesser d'y voir *distinctement*, l'œil emmétrope, en relâchant totalement son accommodation; l'hypermétrope pourra même aller plus loin, en donnant à ρ des valeurs négatives; mais, par cela même, D deviendrait négatif, et il faut étudier spécialement ce cas, où l'œil réunit sur la rétine des rayons convergents, destinés à former une image réelle en arrière de lui.

Or, les valeurs négatives de D ne font que renverser la discussion de la parenthèse $\left(1 + \frac{\delta}{D}\right)$, et l'on voit aisément que δ positif, étant toujours petit par rapport à D, ramène à la valeur $\delta = o$, tandis que δ négatif conduit à prendre avec la plus grande valeur numérique possible de δ, la plus petite possible de D : or, cette dernière n'est autre chose que celle qui correspond à la position négative du *punctum remotum*, c'est-à-dire ρ; la première exige qu'on éloigne l'œil le plus possible, et comme l'instrument permet toujours de faire suivre l'œil par l'image à la distance du *punctum remotum*, on voit que la valeur limite de P n'est autre que ∞, au moment où l'œil infiniment reculé concentre sur sa rétine les rayons envoyés par l'objet placé au premier foyer principal de l'appareil. Dans ce mouvement, d'ailleurs, P n'a pas changé de signe, l'image est restée droite et paraît toujours, à égalité de recul, beaucoup plus grande que l'image aérienne renversée que pourrait donner l'objet placé un peu plus loin du premier foyer principal. Ainsi s'explique la possibilité qu'a l'œil hypermétrope de percevoir directement, sans interposition de verre, agrandie et droite, la rétine fortement éclairée d'un œil myope. Ainsi s'explique ce fait que l'hypermétrope, dans l'emploi de la loupe, obtient de très forts grossissements en se reculant le plus possible

et plaçant l'objet un peu *au delà* du foyer[1] : enfin, les oculaires divergents de la lunette de Galilée et de la loupe de Brücke n'ont pas d'autre effet que de communiquer à l'œil une hypermétropie artificielle qui lui permette de bénéficier de cette solution.

Ceci nous amène à étudier directement l'influence des amétropies de l'œil sur la puissance des instruments utilisés. Or, de la discussion précédente ressort que, toutes les fois que l'instrument a son foyer à plus de 12^{mm} (environ) du verre oculaire, la plus grande puissance s'obtient au prix de la plus grande accommodation, et la formule $P = \frac{1}{f}\left(1 + \frac{\alpha - 0^{m}012}{\pi}\right)$ montre que, à partir de la valeur $\frac{1}{f}$ que peut toujours obtenir, comme minimum, un œil *quelconque*, avec une accommodation *quelconque*, en faisant coïncider son point nodal avec le foyer de l'instrument ($\alpha = \delta$), l'accroissement possible sera en raison inverse de π, c'est-à-dire de la distance *minima* de la vision distincte. Aussi l'avantage, avec ces instruments, est-il bien certainement pour l'œil dont le *punctum proximum* est très rapproché (généralement un myope jouissant de toute sa puissance d'accommodation), tandis que le *presbyte* est incontestablement désavantagé dans leur emploi. A ces instruments donc, mais à eux seuls, peuvent et doivent s'appliquer les règles classiques de la loupe combinée avec un œil sans épaisseur.

Mais, d'autre part, nous avons vu que pour tous les instruments dont le foyer tombe à moins de 12^{mm} de l'extrémité oculaire[2], ce n'est plus la visée au *punctum*

[1] Voir une expérience citée dans les *Leçons de physique*, de P. Desains, t. II, p. 277.

[2] Il n'y a pas à distinguer spécialement ceux qui ont, comme la

proximum, mais la visée au *punctum remotum* qui ressort mathématiquement comme la plus avantageuse, fait depuis longtemps consacré par la pratique micrographique et généralement expliqué — ou plutôt excusé, et mal excusé — par une sorte de paresse ou d'économie visuelle, d'ordre purement physiologique. Or, il n'est pas difficile de se convaincre [1] que la plupart des instruments usuels rentrent précisément dans cette classe spéciale, pour laquelle la plus grande puissance a pour expression $\frac{1}{f}\left(1-\frac{0^{m}012-\alpha}{\rho}\right)$. Avec ces instruments, par conséquent, tout l'avantage est à l'œil dont le *punctum remotum* est le plus loin possible, et l'hypermétrope, avec les valeurs négatives de ρ, peut leur donner une puissance de beaucoup supérieure à celle qu'obtient le myope.

lunette terrestre, celle de Galilée ou celle improprement dite *loupe* de Brücke, leur foyer virtuel, c'est-à-dire $\alpha < 0$: une étude directe des oculaires de tous ces appareils montre en effet qu'ils rentrent absolument dans le cas général $\alpha < 0^{m}012$, tant qu'on tient l'œil contre l'oculaire.

[1] La considération de l'anneau oculaire que tous les constructeurs cherchent à faire coïncider avec la position usuelle de la pupille, montre que le deuxième foyer de l'instrument total, image du 2me foyer de l'objectif, formée par l'oculaire, doit tomber toujours à très peu de distance de la face postérieure du cristallin ou des points nodaux. Si β est la distance du 2me foyer de l'objectif à son premier verre, l la distance du deuxième foyer de l'objectif au premier foyer de l'oculaire (longueur réduite du tube), f_0 la distance focale de l'oculaire, on trouve que le deuxième foyer *total* du microscope n'est jamais distant de l'anneau oculaire que de la quantité $\frac{f_0{}^2\beta}{(l+\beta)l}$. Si l'on prend, par exemple, dans les données ordinaires du microscope, plutôt forcées dans un sens défavorable $f_0=\frac{100}{3}$, $\beta=27$, $l=133$, on trouve à peine $1^{mm}\,1/3$, tandis que la plus petite distance du point nodal à la face antérieure du cristallin est de $3^{mm},3$.

Dans la réalité, disons-le, la plupart des microscopes sont construits de façon que δ, tant que l'œil ne quitte pas l'oculaire, se trouve extrêmement voisin de zéro, et comme d'autre part ρ est alors très grand par rapport à lui, il en résulte que toutes les variations de P autour de la valeur $\frac{1}{f}$ sont ordinairement d'ordre négligeable et que la véritable solution de la pratique microscopique peut être considérée comme donnée par la coïncidence réelle du foyer avec le point nodal. La valeur qu'on obtient alors, $P = \frac{1}{f}$, devient ainsi une véritable constante caractéristique de la puissance absolue de chaque instrument, indépendamment de l'œil qui l'emploie, et c'est elle qui, exprimée en unités métriques, est devenue, sous le nom de *dioptrie*, — si heureusement imaginé par M. le professeur Monoyer et vulgarisé par M. E. Javal, — le symbole de la *force* ou puissance absolue des verres simples d'oculistique. Comme l'épaisseur, dans ces verres, est assez faible pour être négligée, on a $\alpha = \pm f$, et la correction de l'amétropie est donnée, quelle que soit la position du verre, par la condition $\delta = -\rho$. Si le verre est placé à 0^m013 de la cornée, il faut prendre $f = 0^m020 - \rho$, en sorte que la plus grande puissance d'un œil corrigé est très sensiblement égale à $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\rho}$: ce qui montre immédiatement que l'hypermétrope seul ($\rho < 0$) a intérêt à garder ses besicles quand il veut étudier le détail d'un objet rapprochable à volonté.

Il serait à souhaiter que l'usage de marquer, sur chaque verre ou assemblage défini de verres, la puissance en dioptries s'étendît à tous les microscopes que

l'on emploie soit seuls, soit comme oculaires[1]; il suffirait alors de connaître aussi la position exacte du deuxième foyer, ou α, pour pouvoir, dans tous les cas possibles, estimer avec une rigueur mathématique la puissance de l'instrument appliqué à un œil dont on connaîtrait les constantes; mais, en supposant même que l'on négligeât couramment l'excès positif ou négatif de puissance apporté par les dioptries d'amétropie de l'œil, on aurait toujours dans le chiffre $\frac{1}{f}$ une donnée très voisine de la vérité et qui aurait dans tous les cas l'avantage d'être fixe, caractéristique et point aléatoire et variable comme celle du *grossissement*, dont il est bien temps de reparler un peu.

Le grossissement, avons-nous dit, n'est que le résultat chiffré de la comparaison qu'établit l'observateur entre l'impression actuellement fournie par l'appareil et la dernière, la plus grande des impressions qu'il lui a été possible de se procurer directement, avant qu'il fût obligé de reconnaître sa propre impuissance et de demander le secours d'un instrument. Le second terme de ce jugement, quoique fourni par le même œil que le premier, résulte d'une opération tout à fait indépendante et ôte au résultat final tout autre caractère que celui d'une sorte d'estimation utilitaire, absolument personnelle et spéciale, du rendement optique. La *grandeur* apparente de l'objet ne dépend que de la valeur maxima de P; mais l'*agrandissement* paraîtra d'autant plus grand, que plus faible était l'apparence primitive, et la formule $G = P : \frac{1}{d}$ où d représente la plus petite distance à laquelle puisse être vu l'objet, ne

[1] Dans les lunettes, la puissance de l'oculaire, seule intéressante au point de vue de la discussion, donne celle de l'instrument total, si on la multiplie par celle de l'objectif.

veut nullement dire qu'il y ait un avantage quelconque à rendre le plus grande possible cette distance *minima* et à réaliser, toutes les fois qu'on le peut, la presbytie infinie pour obtenir un grossissement infini, mais, tout simplement, qu'un œil incapable de voir nettement à aucune distance au-devant de lui apprécierait sans aucun doute infiniment le secours du plus faible instrument, tandis qu'un myope, par exemple, habitué à regarder naturellement les objets de très près, c'est-à-dire sous de très grands angles visuels, avec un œil qui fait loupe par lui-même, estimera certainement moins que le presbyte, condamné à ne voir que de très loin, c'est-à-dire très petit, l'utilité d'un verre, qui peut cependant, s'il est à long foyer, lui donner des impressions rétiniennes beaucoup plus grandes[1] et une *acuité visuelle* plus parfaite. Enfin, s'il s'agit d'objets dont la distance d ne peut être diminuée, la formule nous apprend, ce dont personne n'a jamais douté, qu'une lunette d'approche est d'autant plus appréciable qu'on veut voir plus loin, tandis qu'on sait parfaitement que l'objet, à travers la lunette comme à l'œil nu, semble diminuer quand il s'éloigne, si l'on ne modifie pas le tirage de l'appareil.

Quoi qu'il en soit, l'expression numérique du grossissement ne peut cesser de garder son caractère incertain et devenir une véritable constante caractéristique des appareils, que si l'on fixe *conventionnellement* des conditions déterminées pour l'estimation de P et de d. Pour la première de ces quantités, avec raison, l'on s'est entendu de tout temps pour prendre la valeur $\frac{1}{f}$, c'est-à-dire la puissance obtenue par un œil quelconque ayant son point

[1] Je dis plus *grandes*, mais pas plus *agrandies*.

nodal au foyer de l'instrument, ou, si ce n'est pas possible, accommodé, dans une position quelconque, pour la vision nette à l'infini [1]. Pour la seconde, la convention la plus habituelle [2] est $d = 250^{mm}$, valeur choisie comme étant la *distance moyenne de vision distincte,* mais qui représente tout au plus la moyenne des *plus petites* distances de vision distincte. En tout cas, quelque convention que l'on fasse, cela revient toujours à multiplier par un coefficient constant (250, habituellement, si l'unité choisie est le millimètre), la valeur conventionnelle qui représente la puissance absolue, mais sans que les chiffres ainsi *grossis* puissent fournir aucune donnée nouvelle pour l'appréciation des qualités réelles de l'instrument. En vérité, ne vaudrait-il pas mieux, du moment qu'il faut faire une convention, prendre $d = 1^{m}$ et le mètre lui-même pour unité, ce qui reviendrait à éliminer complètement cette donnée d'un *grossissement* trompeur, à laquelle chacun pourrait substituer par un calcul très simple, en toute

[1] On voit que l'œil myope, seul, et seulement dans le cas de foyers très rapprochés ($\alpha < 0^{m}012$), ne pourra jamais remplir sans correction l'une ou l'autre de ces deux conditions.

[2] Sauf pour les instruments destinés à l'observation des objets dont la distance d ne peut être modifiée. Mais nous avons vu que tous ces instruments comportaient deux parties : 1° Un objectif, qui forme en son foyer une image dont la dimension est à celle de l'objet comme la longueur focale F à la distance d. 2° Un oculaire qui fait voir l'unité de longueur de cette image sous un angle $\frac{1}{f}$, et, par conséquent, l'unité de longueur de l'objet lui-même sous un autre angle $\frac{1}{f} \cdot \frac{F}{d}$. La puissance de l'œil étant alors $\frac{1}{d}$, on voit que le grossissement se réduit à $\frac{F}{f}$, quotient des distances focales de l'objectif et de l'oculaire : ce qui est la formule classique.

circonstance, une estimation précise d'après les constantes de l'œil et la *position* du foyer de l'instrument[1] ? On ne laisserait ainsi subsister que la notion utile et juste de *puissance*, la seule qui touche en réalité l'observateur[2] ; la valeur $\frac{1}{f}$ exprimée en dioptries métriques, en fournirait toujours une idée très approchée et ce serait elle dorénavant qui caractériserait véritablement la *force* de l'instrument le plus compliqué comme de la simple besicle.

Telle est la proposition que je me permets de faire en forme de conclusion de cette étude, et si jamais les constructeurs se décident à remplacer leurs chiffres, si souvent contestés, de grossissement, par des données précises de longueurs et de positions focales, ils laisseront dorénavant au praticien seul la responsabilité de toute surprise, en même temps qu'ils feront faire à l'optique expérimentale un pas décisif vers cette unification de formules et cette simplicité de langage qui sont à la fois la marque et l'instrument du véritable progrès.

[1] On aurait toujours pour les microscopes $G = \frac{\pi}{f}\left[1 - \frac{0^{m}012 - \alpha}{\rho}\right]$ et pour les lunettes d'approche $G = \frac{d}{f}\left[1 - \frac{0^{m}012 - \alpha}{\rho}\right]$; si α était plus grand que $0^{m}012$, il faudrait remplacer ρ par π.

[2] Sauf, peut-être, dans le cas des lunettes qui, destinées à l'observation d'objets infiniment éloignés, ont leur second foyer rejeté vers l'infini négatif. Mais alors le grossissement lui-même prendrait la forme $\frac{o}{o}$ si on ne l'étudiait pas séparément dans l'oculaire et l'objectif, pour le ramener à sa vraie valeur $\frac{F}{f}$.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

M. Nencki et N. Sieber. Acide lactique dans l'urine et oxydation dans les tissus organiques, dans la leukæmie. (*Journ. für Chemie*, 26, p. 41. Berne.)

D'après les recherches des auteurs, l'acide lactique ne se trouve dans l'urine que dans des cas d'empoisonnement par le phosphore ou dans la trichinose; dans un cas de leukämie, ils n'ont point observé d'acide lactique, même au bout de 2 jours de traitement à 20 gr. par jour de lactate de soude ; cependant en donnant de la benzine à la malade, ils ont constaté la production de phénol, quoique en moindre quantité que chez un homme sain ; l'oxydation se produisait donc encore dans les tissus.

C. Langer et V. Meyer. Nouvelles recherches sur le chlore et le brome. (*Berichte,* XV, p. 2769. Zurich.)

On sait que la molécule d'iode se dissocie à de hautes températures et que I_2 devient $I_1 + I_1$ et ne peut se dissocier davantage, on n'avait pas encore de résultats analogues pour le chlore, le brome, qui ne paraissaient devoir se dissocier entièrement qu'à des températures très élevées ; les auteurs ont recours à un artifice et diluent avec un gaz indifférent, suivant la méthode employée par Horstmann pour l'acide acétique, et quoique ces recherches ne soient pas terminées, ils publient quelques chiffres qui montrent que cette méthode les conduira probablement au but. En effet, le brome qui ne montre une densité normale de vapeur qu'à 230° lorsqu'il est pur, la montre déjà à la température du laboratoire lorsqu'il est mélangé de 10 fois son volume d'air. C'est probablement à un mélange d'air et de chlore qu'il faut attribuer la faible dissociation observée déjà par V. Meyer, dans ses précédentes expériences et lorsqu'il employait du chlorure de platine, tandis que Crafts n'en constatait point en se servant de chlore pur qui chassait complètement l'air de l'appareil.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 7 juin 1883.

M. le prof. Alph. DE CANDOLLE dit qu'ayant demandé à M. Édouard Bertrand, zélé apiculteur, quelques renseignements sur les abeilles, en particulier sur le fait qu'une abeille venant à se fourvoyer dans une ruche qui n'est pas la sienne y est maltraitée, cet excellent observateur lui a donné des détails précis d'un véritable intérêt. Lorsqu'une abeille s'est trompée de ruche elle est ordinairement reconnue et tuée, mais il y a une exception; c'est lorsque l'abeille égarée apporte du miel. Dans ce cas on la respecte pour profiter de son butin et elle peut rester dans la ruche. On parvient aussi, par des procédés particuliers, à unir les individus de deux ruches. C'est probablement au moyen de l'odorat que les abeilles se reconnaissent. On sait aussi que leur vision est bonne, au moins pour distinguer les couleurs, mais elle n'a pas une portée étendue. En voici la preuve.

« L'abeille, dit M. Bertrand, s'oriente à sa première sortie en se retournant dans son vol et traçant des cercles devant sa ruche pour reconnaître les objets qui l'entourent et la ruche elle-même. Si, en son absence, son domicile a été déplacé elle aura les plus grandes difficultés à le retrouver, et si le déplacement est de quelques mètres, elle périra d'inanition à l'ancien emplacement. Dans ce cas son odorat ne lui sert pas, c'est-à-dire que probablement l'odeur particulière à sa famille ne dépasse pas la ruche elle-même. Après avoir déplacé une ruche à petite distance, nous masquons l'entrée au moyen d'un obstacle, comme une pièce de bois, qui force les abeilles, lors de leur première sortie, à constater le changement survenu et à s'orienter de nouveau. »

M. le prof. FOL présente à la Société deux modèles de microtomes les plus perfectionnés qui se fassent actuellement. L'un est fabriqué à Heidelberg par le mécanicien Rudolph

Jung, d'après les indications du prof. Thoma ; l'autre provient de Leipzig et sort de l'atelier de M. Schanze. Le premier de ces deux modèles est un instrument à plan incliné comme le microtome Rivet ou Leiser ; de nombreux perfectionnements l'ont cependant métamorphosé au point d'en faire un instrument très pratique et de la plus haute précision. La pièce qui porte le rasoir glisse avec cinq pointes sur des plans en fonte de fer parfaitement dressés ; celle qui porte l'objet glisse sur un plan incliné, poussée par une vis micrométrique horizontale. Un double tambour muni de coches arrangées sur le principe du vernier permet à un ressort d'arrêter la marche de la vis, chaque fois que l'épaisseur voulue se trouve atteinte. La pince à fixer l'objet est aussi fort ingénieuse. L'épaisseur des coupes peut être réglée au millième de millimètre. Dans le microtome de Schanze, le porte-rasoir se meut dans une coulisse. La pince qui porte l'objet est mue directement par une vis micrométrique verticale. Ce dernier instrument quoique beaucoup plus simple et meilleur marché que le premier, fonctionne aussi bien ou même mieux ; il est surtout d'un maniement plus simple et plus sûr. Si l'objet est convenablement durci et inclus dans de la gomme, de la gélatine, de l'albumine, du savon, du collodion ou de la paraffine, il est facile d'obtenir d'un aide, au bout de quelques jours d'apprentissage, des séries continues de coupes dix fois plus minces que celles qu'on faisait si péniblement à la main, il y a peu d'années, et qui ne réussissaient que de temps à autre.

M. Fol parle ensuite d'un procédé nouveau qu'il a inventé pour préparer des masses colorées propres à l'injection des vaisseaux sanguins des animaux. Les meilleures masses actuellement employées dans un but histologique sont celles à base de gélatine. Mais elles ont le grand inconvénient de ne pas se conserver ; et de plus la préparation en est si délicate qu'on est obligé de les faire soi-même en sacrifiant un temps et un travail qui pourraient être mieux employés. M. Fol prépare ces masses en grande quantité à la fois, puis il les divise en les faisant passer, à l'état de gelée, à travers un morceau d'étamine grossière. Il les lave ensuite dans un courant d'eau, les étale sur du papier ciré, et les fait sécher. Il obtient ainsi

des émulsions colorées, d'une finesse irréprochable, qu'on a toujours sous la main et qu'il suffit de faire dissoudre dans un peu d'eau suivant les besoins. La préparation ne demande aucun soin, parce que tout excédant d'acide ou de base est enlevé par les lavages. Le carmin, le bleu de Prusse, le chlorure et le bromure d'argent fournissent d'excellentes émulsions rouges, bleues, brunes et noires.

M. Fol indique enfin un nouveau procédé qu'il emploie pour durcir les tissus animaux. Le perchlorure de fer en solution extrêmement diluée a la propriété de coaguler les tissus d'une manière plus subite et plus complète qu'aucun autre moyen connu ; les cils vibratiles et les pseudopodes sont fixés avec une entière fidélité. Les pièces doivent être soigneusement lavées à l'alcool et colorées à l'acide gallique, elles sont trop cassantes pour donner de bonnes coupes, mais permettent de faire d'excellentes dissociations.

M. le prof. J.-L. Soret communique à la Société son quatrième mémoire *sur l'absorption des rayons ultra-violets par diverses substances.* Ce mémoire étant publié *in extenso* dans ce même numéro des *Archives* [1], nous n'avons pas à en rendre compte ici.

M. P. de Loriol traite des *Échinides recueillis à l'Ile Maurice par M. de Robillard.* La faune de l'île Maurice, grâce aux nombreux envois faits par M. de Robillard ces dernières années, est maintenant largement représentée dans nos collections. Ces envois ont été assez étendus, et assez répétés, pour qu'il soit possible maintenant d'en tirer des renseignements importants, et présentant de l'intérêt, sur la composition de cette faune.

Déjà, dans l'un de nos derniers volumes, M. Godefroy Lunel a publié le catalogue des poissons, qui comprend un nombre d'espèces considérable.

C'est la suite de ce travail que M. de Loriol désire entreprendre en étudiant les Échinodermes reçus, pour en donner un catalogue raisonné, dont il présente aujourd'hui la première partie comprenant les Échinides.

[1] Voyez plus haut, page 513.

Trente-trois espèces d'Échinides ont été recueillies à Maurice par M. de Robillard. Ce nombre est relativement considérable, car il ne représente que les espèces littorales, ou ramenées par les filets des pêcheurs d'une faible profondeur. M. de Robillard, n'ayant pas de drague, n'a pu se procurer les espèces des grands fonds. Il y a donc encore bien des Échinides à recueillir à Maurice. En voici la preuve. En 1874, M. Al. Agassiz, dans son grand ouvrage « *Revision of the Echini,* » a dressé la liste de toutes les espèces d'Échinides connues alors à l'état vivant ; il en énumère 207. En 1882, M. Al. Agassiz a refait la même liste dans son « Rapport sur les Échinides du voyage du *Challenger*, » en y ajoutant toutes les nouvelles découvertes, et il arrive à 297 espèces. Ce sont donc 90 espèces d'Échinides nouvelles pour la science, obtenues en huit ans, en très grande partie, presque uniquement, par les dragages du *Challenger*, du *Blake*, et d'autres expéditions.

Parmi les trente-trois espèces recueillies à Maurice, vingt appartiennent aux Échinides réguliers et dix aux Échinides irréguliers. (Dans la Méditerranée on connaît, en tout, actuellement, dix-huit espèces d'Échinides, dont neuf Échinides réguliers et neuf Échinides irréguliers.) Deux seulement n'étaient pas encore connues, un *Echinus* et un *Echinolampas.* Par contre, onze espèces, déjà connues, n'avaient point encore été citées de l'île Maurice, avant les recherches de M. de Robillard.

C'est avec la faune échinitique de l'archipel Indien et des îles voisines, Philippines, etc., que celle de Maurice a le plus d'analogie, indépendamment, cela va sans dire, de celle de Madagascar, de Zanzibar, de la Côte Est de l'Afrique. Vingt-cinq espèces sur trente-trois sont communes à ces deux faunes. Seize des espèces de Maurice se retrouvent aux îles Sandwich, neuf en Australie, six au Japon. La proportion si différente des espèces communes entre Maurice et l'archipel Indien et entre Maurice et l'Australie, relativement si peu éloignée de l'archipel Indien, est un fait certainement curieux.

Aucune des espèces de Maurice, sauf une seule, le *Diadema setosum*, dont l'aire géographique de distribution est extrêmement étendue, ne se retrouve sur la Côte Ouest de l'Afrique et, en général, dans l'Océan Atlantique.

Cinq espèces citées comme se trouvant à Maurice n'ont pas encore été retrouvées par M. de Robillard. Il est probable qu'il finira par les rencontrer, de même que trois ou quatre espèces qui ont été trouvées à Madagascar et à la Réunion.

Parmi les espèces les plus remarquables, et aussi les plus communes, on peut citer l'*Heterocentrotus mamillatus* et le *Metalia sternalis* qui peuvent compter parmi les plus grands oursins actuellement connus, des individus de ce dernier ont jusqu'à 170 millim. de longueur, avec une largeur de 160^{mm}. Puis le *Rhabdocidaris baculosa*, très abondant, et une variété de cette espèce, fort remarquable, avec des radioles très longs et subulés. dépourvus à la base des taches rouges si caractéristiques de l'espèce. Ensuite le grand et beau *Rhabdocidaris dubia* sur les radioles duquel a élu domicile une petite *Crepidula;* et encore l'*Echinoneus cyclostomus*, très voisin d'une espèce du même genre qui se trouve aux Antilles.

Parmi les raretés, le *Rhabdocidaris gigantea*, dont on ne connaissait qu'un petit nombre d'exemplaires provenant des îles Sandwich. L'*Astropyga radiata*, toujours si rare dans les collections, dont le test, qui atteint un diamètre de 120 millim. est d'une fragilité extrême, presque flexible, et dont les tubercules portent de petits radioles annelés de rouge et de blanc, courts et acérés comme des aiguilles. L'*Echinolampas Alexandri*, très rare, appartenant à un genre dont il n'existe plus que quatre espèces dans les mers actuelles, tandis que, dans l'ère tertiaire, des espèces très variées abondaient partout. Enfin, le *Maretia alta*, espèce encore peu connue, fort intéressante, et qui n'avait point encore été citée auparavant à Maurice. Outre les Échinides, M. de Robillard a envoyé de nombreuses espèces d'Astéries dont plusieurs ont un grand intérêt. M. de Loriol espère pouvoir les étudier plus tard et en fournir le catalogue, ainsi que celui des Ophiures.

M. A. DE CANDOLLE montre un opuscule, en suédois, de M. Wittrock, sur les végétaux qui vivent sur la glace ou la neige. Cet opuscule est accompagné de belles planches de M. Nordenskjöld. qui représentent des vues du Groenland couvert de glaciers. Du milieu de l'un d'eux sort un *geyser*, soit jet d'eau intermittent. M. de Candolle rappelle l'opinion théorique du célèbre voyageur, que le centre du Groenland est

probablement sans glaces pendant l'été. Le nouveau voyage que vient d'entreprendre M. Nordenskjöld est destiné principalement à vérifier cette hypothèse et à chercher la place des anciennes colonies, détruites il y a huit ou neuf cents ans.

Une conversation qui s'engage sur ces questions au sein de la Société montre à quel point elles intéressent les physiciens et les naturalistes.

M. FOL attire l'attention sur les travaux très importants qui viennent de paraître, traitant de l'anatomie et du développement du *Peripatus*. Un mémoire posthume de M. Balfour, publié par les soins de MM. Sedgwick et Moseley, nous fait connaître l'existence d'un blastopore allongé qui donne plus tard naissance à la bouche et à l'anus. Les détails anatomiques décrits par les élèves de Balfour et illustrés par les admirables dessins de Mlle Balfour, nous font connaître surtout la disposition si remarquable de la cavité du corps et des organes excréteurs avec leurs entonnoirs vibratiles, ainsi que la structure des trachées. Presque en même temps a paru un beau mémoire de M. E. Gaffron, qui complète les données anatomiques et histologiques de l'école anglaise. Il résulte de tous ces travaux que le *Peripatus* est un arthropode qui occupe vis-à-vis du reste de cet embranchement une position analogue à celle de l'amphioxus parmi les vertébrés. C'est ici et non parmi les crustacés qu'il faut chercher les formes les plus primitives de ce *Phylum*.

M. le Dr GOSSE signale une observation qu'il lui a été donné de faire sur un suicidé mort récemment à l'Hôpital cantonal. La balle, après avoir traversé la voûte palatine et la salle turcique, a sectionné le chiasma des nerfs optiques juste à la partie médiane et a pénétré dans le lobe gauche, dans la substance blanche à l'extrémité de la scissure de Sylvius. La mort n'est survenue que plusieurs jours après la tentative de suicide. Il est résulté de la blessure un strabisme divergent, mais la vision a été conservée. Ce fait viendrait démontrer l'importance du rôle des filets nerveux optiques qui, selon des anatomistes, ne s'entre-croisent pas dans le chiasma.

Édouard SARASIN,
Secrétaire des séances.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1883

Le 5, faible rosée le matin.
7, assez fort vent l'après-midi.
8, à 9 h. du soir éclairs au NNE.
11, à 2 h. 4 m. du soir, grêle mêlée de pluie.
13, rosée le matin.
14, id.
15, id.
16, à 9 h. du soir, éclairs au SSO.
18, hâle à 8 h. du matin.
21, assez forte bise dans la journée.
24, hâle à 8 h. du matin.
30, à 2 h. 34 m. tonnerres au SE.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 2 à 10 h. soir	721,14
7 à 6 h. matin	721,05
12 à 10 h. matin	732,89
17 à 8 h. matin	730,11
24 à 8 h. matin	731,61
29 à 10 h. soir	729,88

MINIMUM.

	mm
Le 1er à midi	712,82
5 à 4 h. soir	713,15
9 à 6 h. matin	714,89
15 à 6 h. soir	725,46
20 à 6 h. matin	724,51
26 à 10 h. matin	722,81
31 à 6 h. soir	727,49

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm
1	713,43	−11,52	+ 7,38	− 3,68	+ 4,2	+11,5	6,98	+0,17	916	+222	720	990	8,2	12	SO. 1	0,99	+ 8,5	− 1,6	135,0
2	719,12	− 5,86	+ 9,20	− 2,01	+ 7,3	+13,7	6,26	−0,62	753	+ 58	530	890	3,3	7	SO. 1	0,97	8,2	− 2,0	134,5
3	719,72	− 5,30	+10,21	− 1,14	+ 6,9	+14,6	6,02	−0,93	681	− 14	410	900	1,7	5	SSO. 1	0,72	8,3	− 2,0	132,1
4	717,43	− 7,63	+10,09	− 1,40	+ 4,0	+16,2	5,69	−1,33	661	− 34	240	960	...	...	NNE. 1	0,34	8,1	− 2,3	131,5
5	714,12	−10,98	+12,24	+ 0,60	+ 5,8	+17,2	6,58	−0,51	644	− 51	350	830	...	...	N. 1	0,57	9,2	− 1,3	130,4
6	717,34	− 7,80	+12,64	+ 0,86	+ 9,0	+18,5	8,00	+0,84	760	+ 64	510	910	0,1	1	variable	0,99	...	.....	129,0
7	720,06	− 5,12	+14,38	+ 2,45	+ 9,0	+19,7	8,53	+1,30	721	+ 25	450	890	...	...	variable	0,71	10,3	− 0,5	130,1
8	718,50	− 6,72	+13,43	+ 1,36	+10,2	+18,9	8,16	+0,86	739	+ 43	470	880	0,5	2	N. 1	0,77	10,4	− 0,5	129,3
9	717,50	− 7,76	+11,04	− 1,17	+ 9,0	+15,6	7,46	+0,09	793	+ 96	480	930	5,2	4	SSO. 1	0,86	10,6	− 0,4	127,3
10	721,91	− 3,40	+ 6,21	− 6,15	+ 4,4	+11,7	5,64	−1,81	830	+133	550	970	15,7	13	SSO. 1	0,96	8,9	− 2,2	132,5
11	729,60	+ 4,25	+ 6,93	− 5,57	+ 5,5	+11,3	5,10	−2,42	715	+ 18	550	800	0,4	1	SSO. 1	0,68	7,7	− 3,5	132,4
12	732,62	+ 7,23	+ 9,67	− 2,97	+ 2,1	+18,0	6,05	−1,54	699	+ 1	390	960	...	...	variable	0,54	8,2	− 3,2	131,6
13	730,11	+ 4,67	+13,81	+ 1,03	+ 4,0	+21,0	7,88	+0,22	670	− 28	460	870	...	...	N. 1	0,01	...	.....	131,0
14	727,35	+ 1,87	+15,70	+ 2,78	+ 8,8	+21,1	9,74	+2,00	739	+ 40	570	880	...	...	N. 1	0,03	9,4	− 2,2	127,7
15	726,68	+ 1,15	+17,81	+ 4,74	+10,2	+24,9	8,74	+0,93	605	− 94	340	830	...	...	N. 1	0,06	11,4	− 0,3	130,9
16	728,29	+ 2,72	+17,46	+ 4,25	+10,3	+22,8	8,27	+0,39	580	−120	370	770	...	...	NNE. 1	0,11	12,0	+ 0,2	132,1
17	729,37	+ 3,75	+17,83	+ 4,48	+10,3	+23,6	9,82	+1,87	655	− 45	440	790	...	...	NNE. 1	0,38	14,7	+ 2,8	134,1
18	728,84	+ 3,18	+17,91	+ 4,42	+10,9	+25,4	8,23	+0,21	574	−126	250	870	...	...	N. 1	0,32	14,1	+ 2,0	136,7
19	726,04	+ 0,33	+17,00	+ 3,38	+ 8,0	+23,1	7,44	−0,65	539	−162	380	790	...	...	variable	0,63	14,6	+ 2,4	138,1
20	725,28	− 0,47	+12,06	− 1,70	+10,5	+16,8	7,48	−0,68	739	+ 38	600	830	...	...	N. 1	0,84	...	.....	138,0
21	728,22	+ 2,42	+11,96	− 1,94	+ 5,1	+16,7	5,08	−3,15	527	−175	230	820	...	...	NNE. 2	0,08	13,8	+ 1,4	138,6
22	729,86	+ 4,02	+12,65	− 1,38	+ 4,2	+18,7	5,57	−2,73	542	−160	310	800	...	...	N. 1	0,12	14,0	+ 1,5	139,6
23	730,32	+ 4,43	+15,59	+ 1,42	+ 6,4	+22,2	6,39	−1,98	532	−170	250	760	...	...	N. 1	0,14	14,2	+ 1,6	135,2
24	730,70	+ 4,77	+16,66	+ 2,36	+ 9,3	+22,6	7,96	−0,48	589	−114	380	780	...	...	N. 1	0,16	14,1	+ 1,3	137,2
25	727,21	+ 1,23	+18,91	+ 4,47	+ 9,7	+27,0	9,25	+0,74	593	−110	310	770	...	...	variable	0,42	14,4	+ 1,5	137,8
26	723,46	− 2,56	+15,03	+ 0,46	+13,4	+20,0	10,27	+1,69	834	+131	590	880	3,6	6	SO. 1	0,98	13,4	+ 0,4	139,0
27	726,40	+ 0,33	+14,07	− 0,63	+11,9	+17,7	10,43	+1,78	896	+192	690	1000	3,2	10	variable	1,00	...	.....	140,0
28	728,64	+ 2,53	+15,66	+ 0,83	+12,5	+19,7	10,72	+2,00	830	+126	630	980	...	...	N. 1	0,74	12,4	− 0,8	142,0
29	729,37	+ 3,21	+16,49	+ 1,53	+13,1	+20,3	11,82	+3,03	855	+151	690	950	4,0	4	variable	0,88	14,6	+ 1,2	143,4
30	729,17	+ 2,97	+17,09	+ 2,00	+13,9	+22,3	11,17	+2,32	792	+ 88	580	930	...	...	variable	0,91	13,5	0,0	144,9
31	728,20	+ 1,95	+15,33	+ 0,12	+13,1	+18,8	11,43	+2,51	895	+191	760	940	3,9	8	variable	1,00	13,5	− 0,1	147,6

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1883.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	717,65	717,92	718,08	718,02	717,93	717,70	717,60	718,42	718,82
2e »	728 97	728,97	728,85	728,44	727,93	727,61	727,67	728,14	728,42
3e »	728,53	728,73	728,59	728,28	728,01	727,84	727,78	728,02	728,38
Mois	725,16	725,32	725,28	725,02	724,73	724,50	724,46	724,96	725,31
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 8,34	+ 9,95	+11,40	+13,07	+13,54	+13,83	+12,79	+10,81	+10,42
2e »	+10,83	+13,64	+15,42	+17,49	+19,19	+18,78	+17,84	+15,74	+13,56
3e »	+12,25	+14,77	+16,87	+17,64	+19,30	+19,07	+17,84	+16,05	+14,37
Mois	+10,53	+12,85	+14,64	+16,12	+17,41	+17,29	+16,21	+14,26	+12,84
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	7,28	7,26	7,09	6,88	6,46	6,24	6,74	7,48	7,22
2e »	8,12	7,59	7,54	7,80	7,93	7,63	7,66	8,40	8,46
3e »	9,29	9,41	9,49	8,99	8,57	8,60	9,00	9,36	9,46
Mois	8,26	8,13	8,09	7,93	7,68	7,53	7,84	8,45	8,42
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	884	791	705	615	575	547	621	778	763
2e »	824	638	576	527	476	482	509	628	729
3e »	854	737	661	596	513	541	610	696	772
Mois	854	723	648	580	521	524	581	701	755

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 6,98	+ 15,76	0,79	+ 9,17	34,7	131,17
2e »	+ 8,06	+ 20,80	0,36	+ 11,51	0,4	133,26
3e »	+ 10,24	+ 20,55	0,58	+ 13,79	14,7	140,48
Mois	+ 8,48	+ 19,08	0,58	+ 11,57	49,8	135,15

Dans ce mois, l'air a été calme 0,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,59 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 29°,3 O. et son intensité est égale à 23,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1883.

Le 1er, neige presque tout le jour; brouillard à midi et à 8 h. du soir; assez fort vent le matin.
2, neige et brouillard.
4, brouillard le matin.
6, brouillard par une assez forte bise dans la journée.
7, brouillard depuis 4 h. du soir; assez fort vent dans la journée.
8, brouillard tout le jour par un assez fort vent.
9, neige et brouillard.
10, neige jusqu'à 4 h. du soir; ensuite brouillard.
11, brouillard le matin et le soir.
12, brouillard à 6 h. du soir; assez forte bise dans la journée.
16, brouillard le matin.
18, forte bise depuis midi.
19, forte bise toute la journée; brouillard le soir.
20, brouillard par une forte bise toute la journée.
21, brouillard le matin; forte bise jusqu'à 8 h. du soir.
26, brouillard le matin; assez fort vent dans la journée.
27, brouillard et neige; celle-ci n'a pas pu être mesurée; elle fondait à l'instant.
28, brouillard depuis 8 h. du matin.
29, brouillard tout le jour.
31, neige le matin; brouillard l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. soir	574,74		
		Le 5 à 4 h. soir	554,92
7 à 8 h. matin	560,54		
		10 à 2 h. soir	555,77
13 à 4 h. soir	569,37		
		14 à 4 h. soir	567,11
17 à 10 h soir	569,68		
		20 à 2 h. soir	561,27
24 à 6 h. soir	570,82		
		26 à 8 h. soir	563,88
29 à 10 h. soir	569,31		
		31 à midi	566,13

SAINT-BERNARD. — MAI 1883.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum des 9 observat.	Température C. Maximum des 9 observat.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	553,06	— 9,66	552,51	554,73	— 3,52	— 2,09	— 4,2	— 1,2	280	20,0	....	SO. 1	1,00
2	555,89	— 6,93	553,82	557,07	— 4,30	— 3,02	— 5,2	— 1,7	60	5,2	....	NE. 1	1,00
3	557,34	— 5,58	557,11	557,74	— 1,99	— 0,85	— 5,3	+ 2,8	.....	.....	....	variable	0,27
4	556,84	— 6,18	556,43	557.50	— 2,47	— 1,47	— 6,0	+ 0,4	.....	.....	....	SO. 1	0,68
5	555,20	— 7,91	554,92	555,54	+ 0,60	+ 1,46	— 3,5	+ 4,5	.....	.....	....	SO. 1	0,36
6	557,28	— 5,92	555,25	559,36	— 0,61	+ 0,11	— 2,0	+ 1,9	.....	.....	....	NE. 1	0,87
7	560,16	— 3,14	559,84	560,54	+ 1,02	+ 1,60	— 0,2	+ 3,8	.....	.....	....	SO. 2	0,92
8	559,58	— 3,82	559,23	560,08	— 1,68	— 1,24	— 1,6	+ 0,4	.....	.....	....	SO. 2	1,00
9	557,75	— 5,75	556,68	558,87	— 1,96	— 1,66	— 3,0	— 0,5	160	22,5	....	SO. 2	0,92
10	556,96	— 6,64	555,77	558,72	— 6.23	— 6,07	— 8,8	— 1,8	350	40,4	....	NE. 1	0,97
11	562,79	— 0,90	560,73	564,54	— 5,43	— 5,41	— 7.8	— 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,82
12	567,92	+ 4,13	565,92	569,01	— 1,38	— 1,50	— 5,0	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 2	0,74
13	569,10	+ 5,21	567,96	569,37	+ 5,49	+ 5,23	+ 0,5	+ 9,5	.....	.....	....	NE. 1	0,00
14	567,74	+ 3,75	567,11	568,04	+ 4,94	+ 4,54	+ 1,5	+ 8,7	.....	.....	....	NE. 1	0,02
15	567,51	+ 3,42	567,31	567,90	+ 6,08	+ 5,55	+ 2,3	+ 9,8	.....	.....	....	NE. 1	0,02
16	568,98	+ 4,80	568,29	569,63	+ 4,87	+ 4,21	+ 3,6	+ 8,5	.....	.....	....	SO. 1	0,62
17	569,52	+ 5,24	569,31	569,68	+ 5,46	+ 4,66	+ 2,6	+ 9,4	.....	.....	....	NE. 1	0,56
18	568,18	+ 3,80	567,25	568,89	+ 4,07	+ 3,14	+ 1,7	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 2	0.33
19	564,44	— 0,04	563,62	565,39	+ 2,03	+ 0,97	+ 0,2	+ 5,2	.....	.....	....	NE. 2	0,50
20	561,63	— 2.94	561,27	562,49	— 2.77	— 3,96	— 4,0	— 0,6	.....	.....	....	NE. 2	1,00
21	564,04	— 0,62	561,83	566,05	— 3.00	— 4,32	— 5,2	+ 0,1	60	4,3	....	NE. 2	0,21
22	567,58	+ 2,82	566,32	569,41	+ 1,66	+ 0,21	— 2,6	+ 5,9	.....	.....	....	NE. 1	0,08
23	569,57	+ 4,71	568,33	570,61	+ 3,78	+ 2.20	0,0	+ 7,8	.....	.....	....	NE. 1	0,10
24	570,58	+ 5,63	570,04	570,82	+ 5,32	+ 3,61	+ 1,2	+ 9,8	.....	.....	....	NE. 1	0.19
25	568,37	+ 3,33	567,33	569,45	+ 5,78	+ 3.95	+ 1,3	+ 9,8	.....	.....	....	variable	0,28
26	564,81	— 0,32	563,88	566,19	+ 3,48	+ 1,53	+ 3,1	+ 5,6	.....	38,6	....	SO. 2	0,94
27	565,46	+ 0,23	564,70	566,05	+ 1,39	— 0,68	+ 0,8	+ 2.8	.....	16,7	....	SO. 1	0,94
28	567,87	+ 2,55	566,42	568,71	+ 1,74	— 0,45	+ 1,2	+ 2,9	.....	.....	....	NE. 1	0,97
29	568,74	+ 3,33	568,22	569,31	+ 3,27	+ 0,96	+ 2,2	+ 5,0	.....	7,3	....	NE. 1	0,99
30	568,12	+ 2,62	567,80	568,61	+ 3,75	+ 1,32	+ 1,6	+ 8,0	.....	10,9	....	NE. 1	0,92
31	566,28	+ 0,69	566,13	566,45	+ 1,58	— 0.97	+ 0,5	+ 3,5	80	7,0		NE. 1	0,97

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1883.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	556,64	556,66	556,65	556,79	556,97	557,14	557,29	557,56	557,70
2e »	566,35	566,57	566,74	566,85	566,82	566,83	566,97	567,09	567,14
3e »	566,95	567,13	567,35	567,46	567,54	567,54	567,55	567,60	567,83
Mois	563,43	563,57	563,70	563,82	563,90	563,95	564,06	564,20	564,34

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 3,07	— 1,97	— 0,44	+ 0,31	— 0,17	— 0,66	— 1,07	— 2,56	— 3,09
2e »	+ 0,17	+ 2,30	+ 4,50	+ 5,20	+ 5,33	+ 4,77	+ 2,92	+ 1,52	+ 0,61
3e »	+ 0,60	+ 2,18	+ 3,42	+ 5,00	+ 5,18	+ 4,93	+ 3,86	+ 2,60	+ 2,05
Mois	— 0,72	+ 0,88	+ 2,52	+ 3,55	+ 3,50	+ 3,07	+ 1,97	+ 0,59	— 0,07

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 3,98	+ 0,86	0,80	88,1	850
2e »	— 0,44	+ 6,04	0,46	—	—
3e »	+ 0,37	+ 5,56	0,60	84,8	140
Mois	— 1,29	+ 4,20	0,62	172,9	990

Dans ce mois, l'air a été calme 0,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,90 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 38,7 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME NEUVIÈME (3me PÉRIODE)

1883. — Nos 1 à 6.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

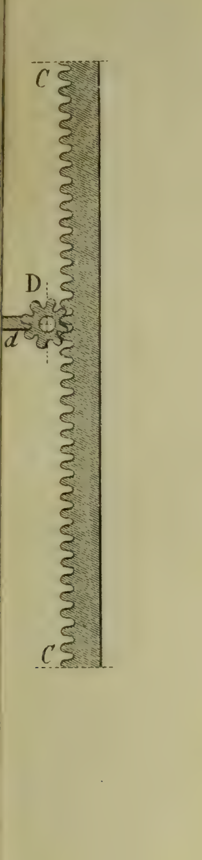
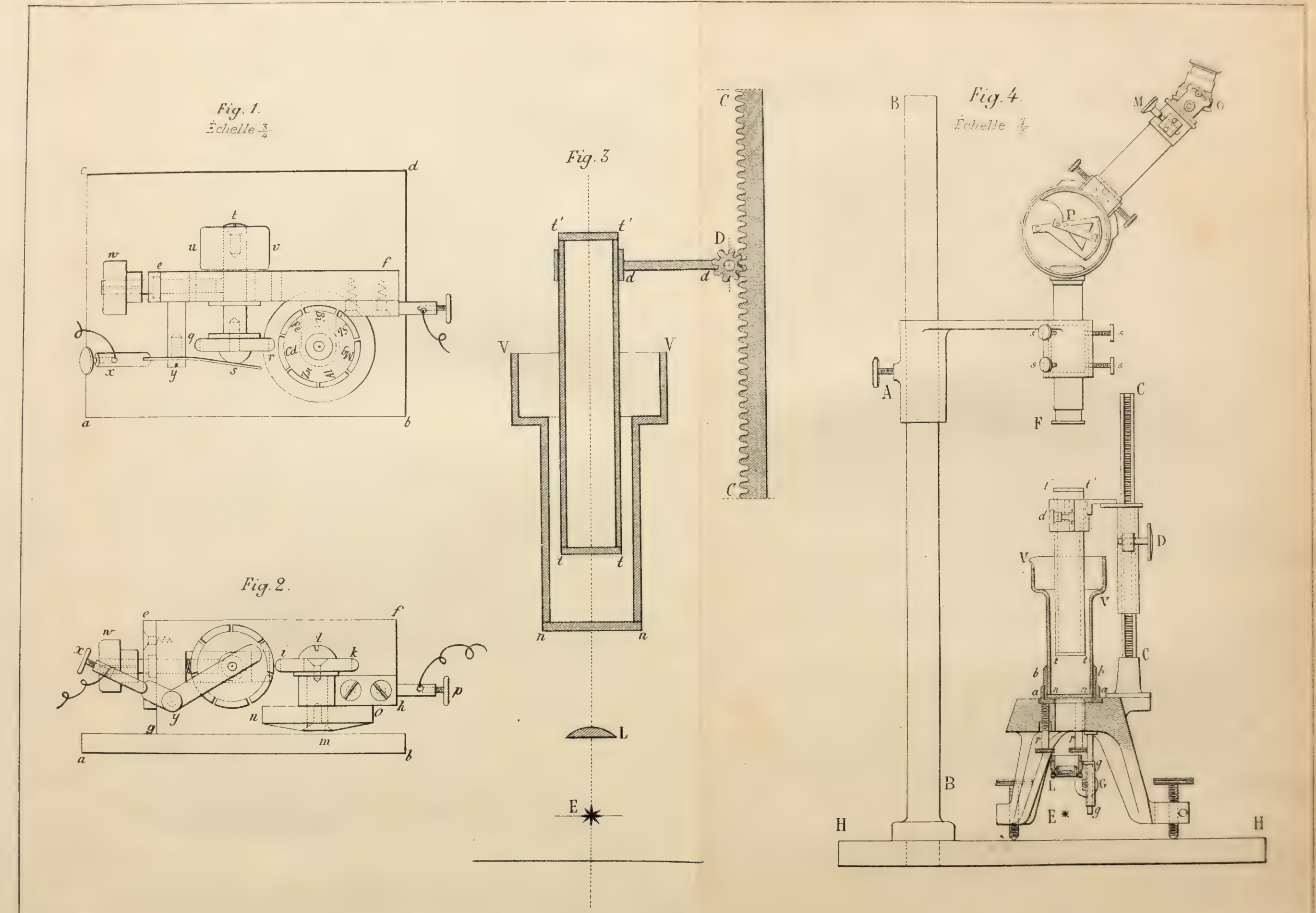


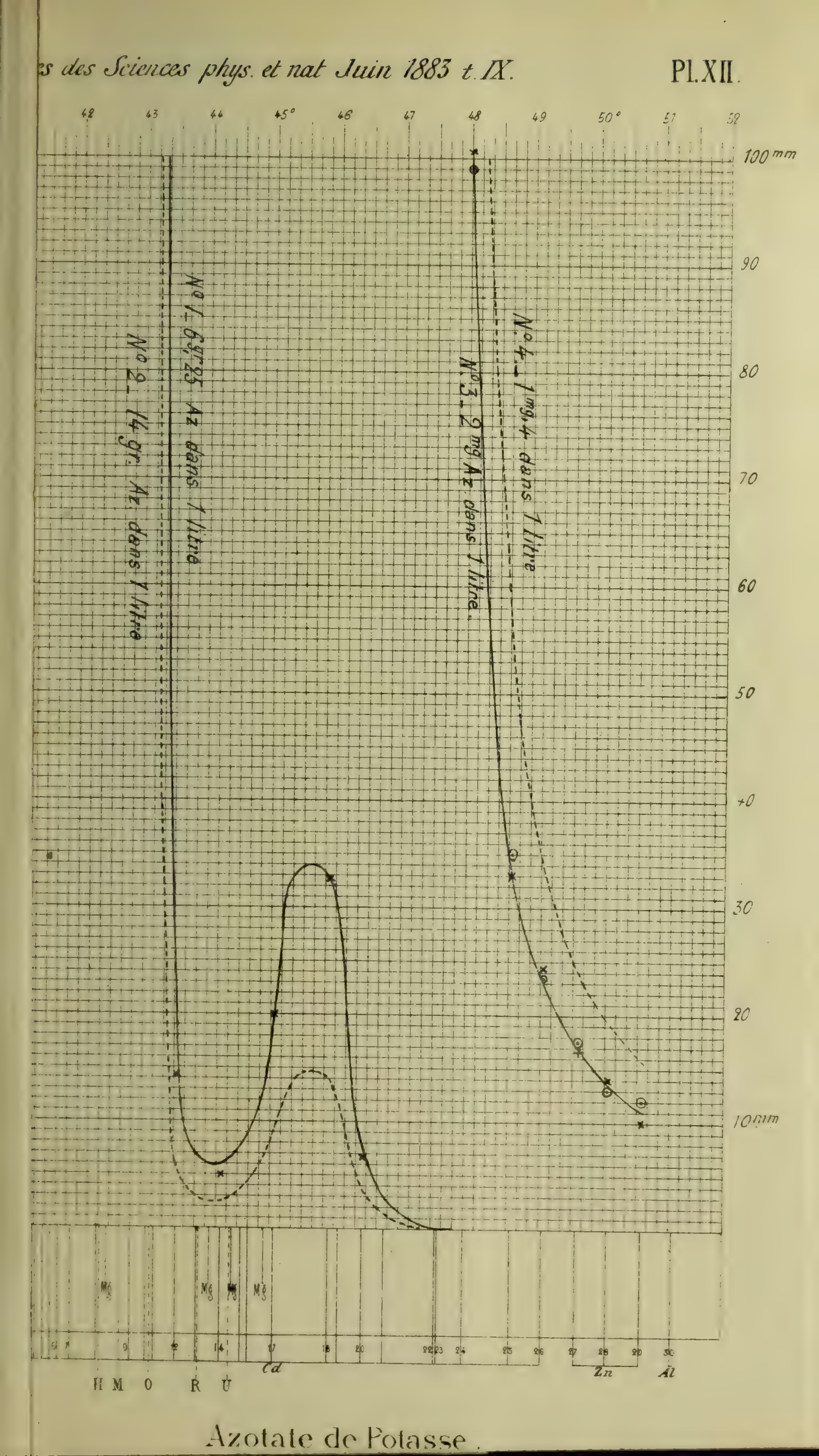
Fig. 4.

Échelle $\frac{1}{5}$

B M O P s s s s A F C t' t' d D V V C t t b b a n n a r r g L G g E ✱ B H H

Lith. F. Noverraz & Fils, Genève


Fig. 1.
Échelle 3/4
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4.
Échelle 1/4

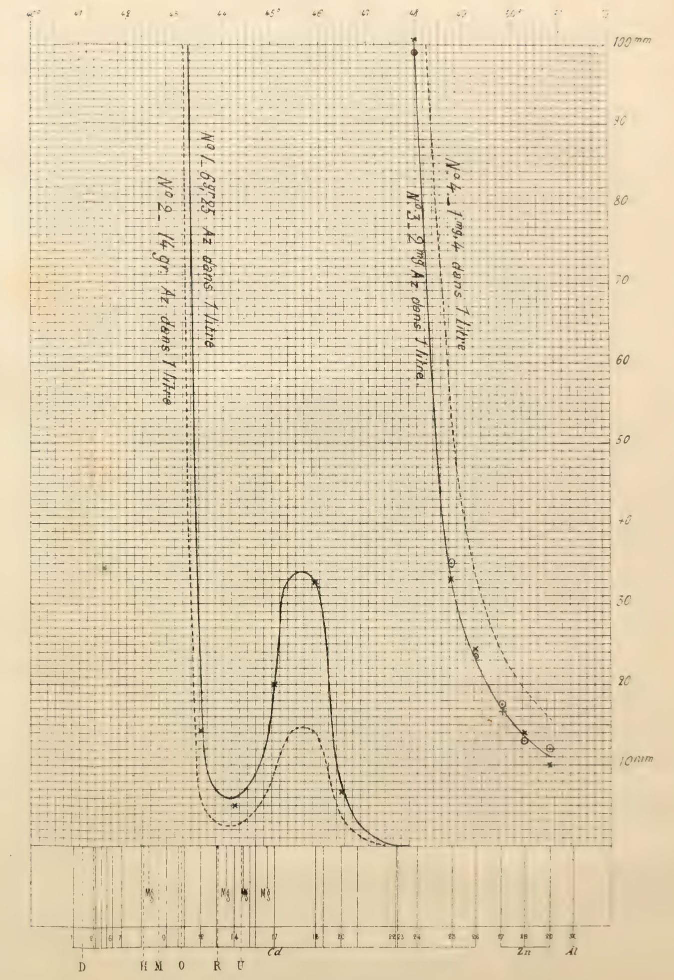


Azotate de Potasse.

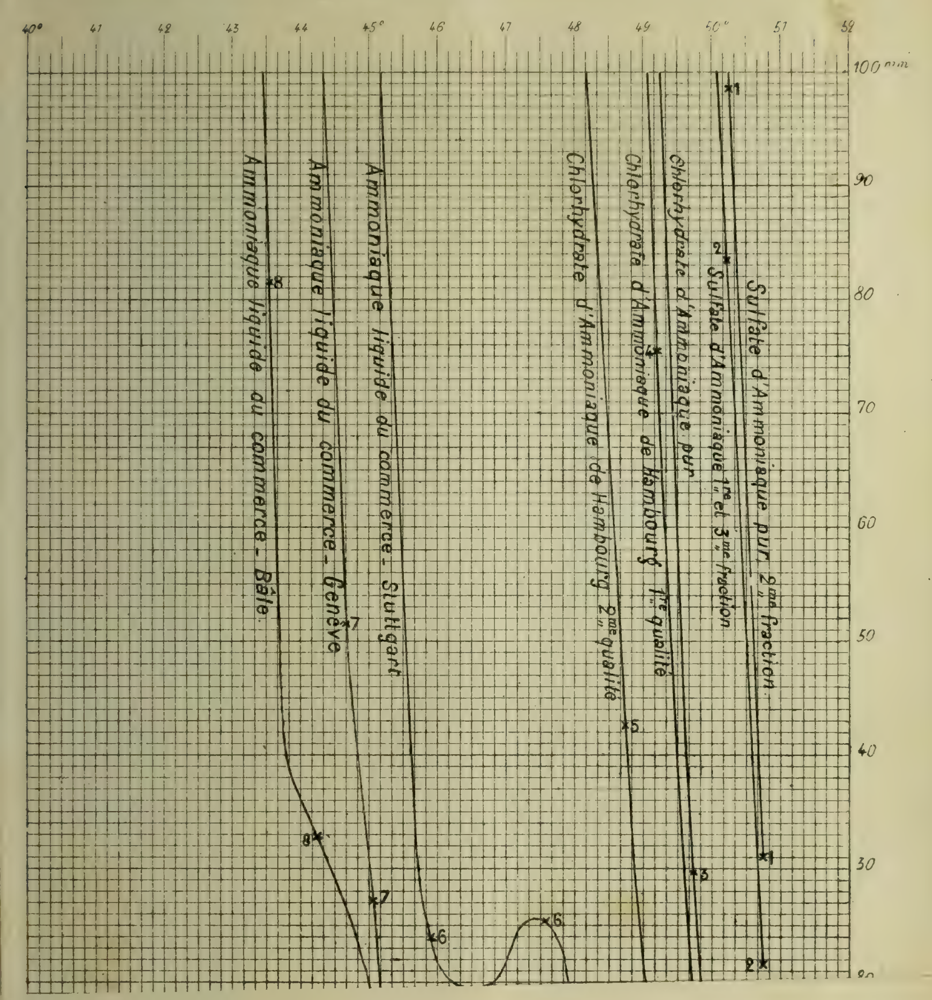
Courbe 1. — 6gr25 d'Azote dans 1 litre
" 2. — 14,0 " "
" 3. — 0,002 " "
" 4. — 0,0014 " "

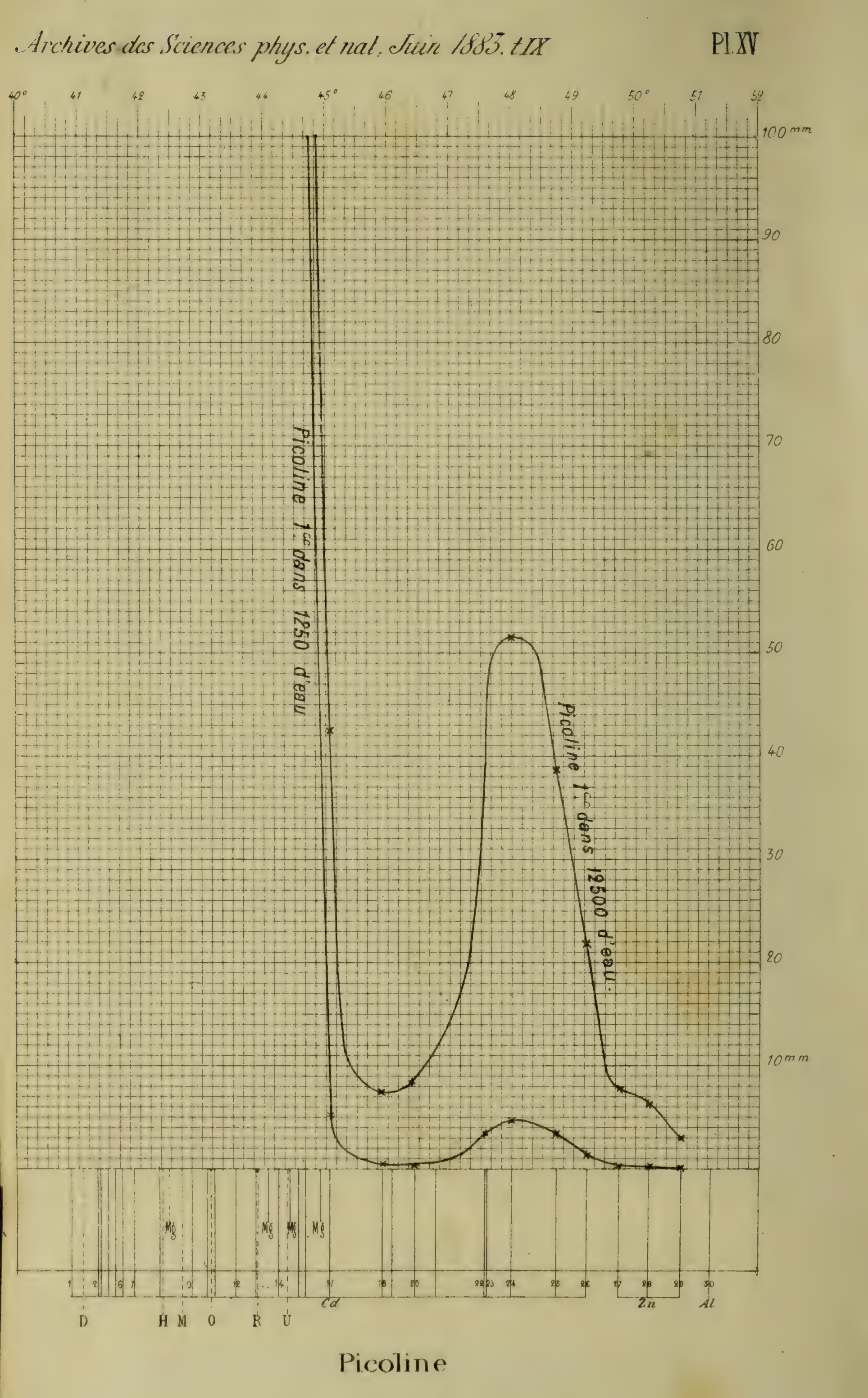
N.B. La courbe 3 représente également l'absorption de l'azotate de potasse à 0gr020 d'Az. par litre, mais à l'échelle de 10 divisions pour 1 millimètre d'épaisseur

Les points obtenus par l'observation en employant la dissolution à 0gr002 sont indiqués par des croix ×
" 0,020 " les signes ⊙



Azotate de Potasse.


40°
41
42
43
44
45°
46
47
48
49
50°
51
52
100 mm
90
80
70
60
50
40
30
20
Sulfate d'Ammoniaque pur 2me fraction
Sulfate d'Ammoniaque 1re et 3me fraction
Chlorhydrate d'Ammoniaque pur
Chlorhydrate d'Ammoniaque de Hambourg 1re qualité
Chlorhydrate d'Ammoniaque de Hambourg 2me qualité
Ammoniaque liquide du commerce - Stuttgart
Ammoniaque liquide du commerce - Genève
Ammoniaque liquide du commerce - Bâle



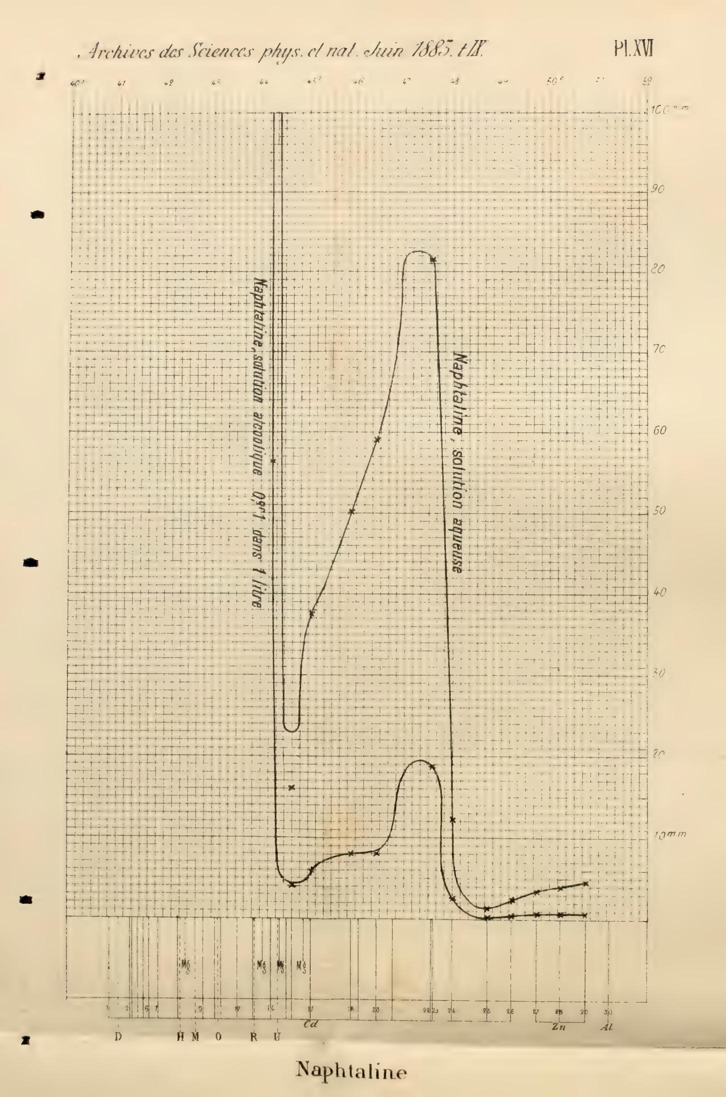
40° 41 42 43 44 45° 46 47 48 49 50° 51 52
100 mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10 mm
Picoline 1cc dans 1250 d'eau
Picoline 1cc dans 12500 d'eau.
Mg
Mg
Mg
Mg
1 2 6 7 9 12 14 17 18 20 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Cd
Zn
Al
D H M O R U

Picoline

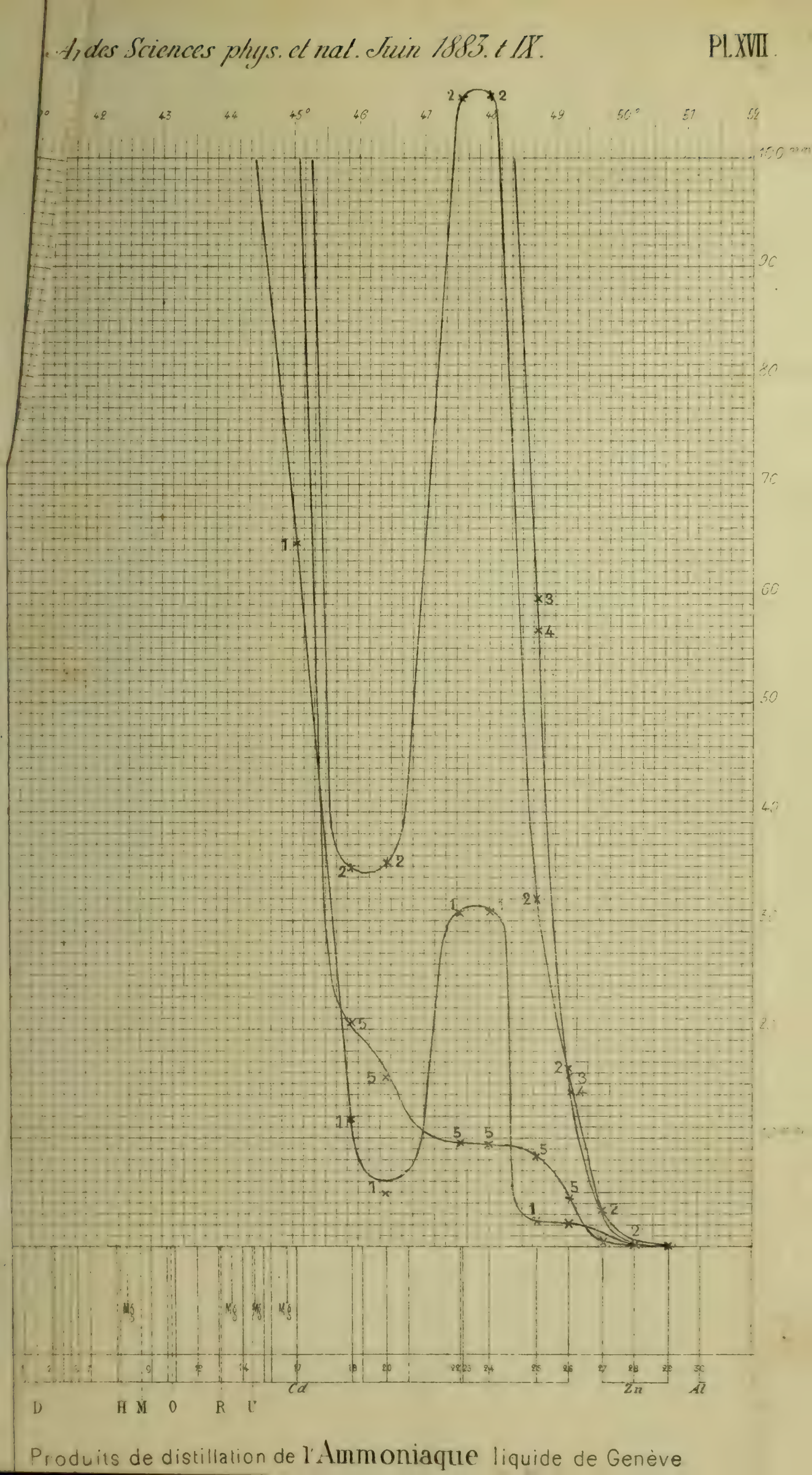
46 47 48 49 50° 51 52

100 mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10 mm

Naphtaline, solution aqueuse


Naphtaline, solution alcoolique 0gr,1 dans 1 litre
Naphtaline, solution aqueuse
100mm
90
80
70
60
50
40
30
20
10mm
Mg
Mg
Mg
Mg
Cd
Zn
Al
D
H M O R U

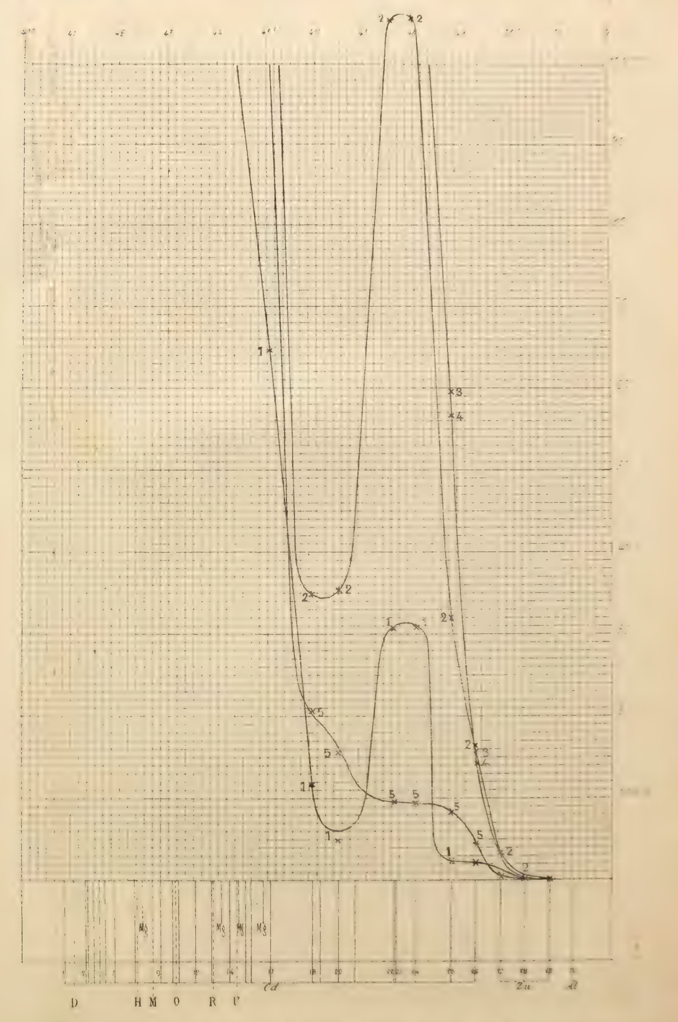
Naphtaline



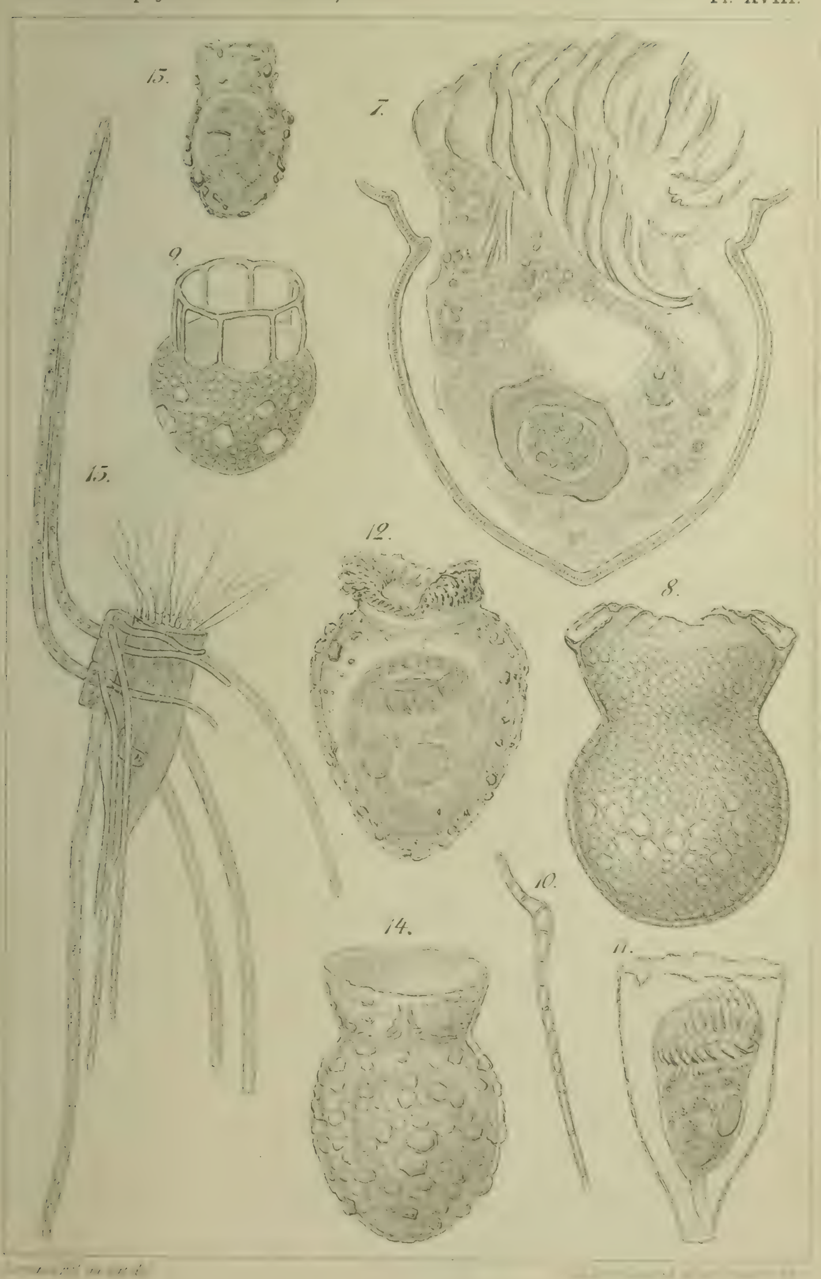
Produits de distillation de l'Ammoniaque liquide de Genève

Les courbes 1 à 5 correspondent aux flacons 1 à 5 numerotés dans l'ordre où les vapeurs de distillation les ont traversés. Le Flacon 5 n'était pas saturé.

Ces 5 solutions ont été ramenées au titre de 72 gr d'AzH^3 dans un litre.



Produits de distillation de l'Ammoniaque liquide de Genève


13.
7.
9.
15.
12.
8.
10.
14.
11.

